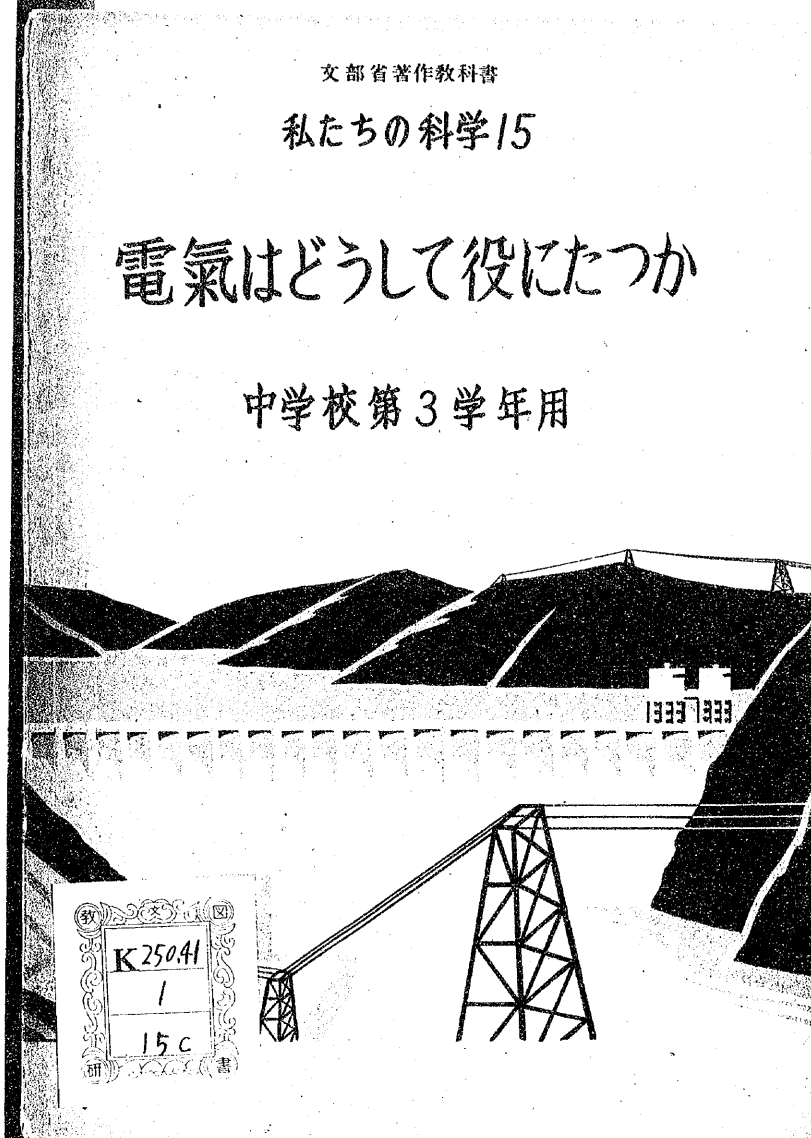


K250.4 1

1

15c



私たちの科学15

電気はどうして役にたつか

中学校第3学年用



文 部 省

目 次

I

- § 1. 電氣はどこにもある 2
- § 2. 電氣をうまく利用するまで 6
- § 3. 電池は電流をつくり出す 10
- § 4. 電池にもいろいろある 14

II

- § 5. 電流はどのように流れるか 19
- § 6. 電流は熱や光を出す 24
- § 7. 電流はものを分解する 31

III

- § 8. 地球は大きな磁石である 35
- § 9. 電流は磁石をつくる 39
- § 10. 電流や電圧をはかる器械 42
- § 11. 電車はどうして走るか 45

IV

- § 12. 磁石を使って電流をつくる 52
- § 13. 電流をつくる水の力、火の力 60
- § 14. 電流を山から町まで 63
- § 15. 交流電氣のとりあつかい 68

V

- § 16. ラジオがなるのはどうしてか 79
- § 17. カミナリの正体 87
- § 18. 電氣の利用は今後ますます盛んにな
らなければならない 91

力だめし 93

I

- 問 1. 電気というものを見たことがあるか。
2. 電気にさわったことがあるか。
3. 電気とはいったい何のことをいっているのか。
4. 電気を知らなかった昔はどんなであったろうか。
5. いま、とつぜん、あらゆる電気がとまってしまったら、私たちの生活はどんなになるだろうか。
6. 日本人はいつごろから電気というものを知ったか。
7. 電気を使い機械がますます増加していくのはなぜか。

§1. 電気はどこにもある

電気には味がある。ためしに乾電池の二つの極にそれぞれ針金をつないで、その両方の先を同時に舌につけてみるがよい。すっぱいような味がするだろう。これがいわば電気の味なのである。

電気にさわるといいたいことがある。家にきている電燈線の針金か、または電燈や電熱器の金具にうっかりしてさわったことがあるであろう。そしてビリビリッとした感じを受け、びっくりして手をひっこめたこともあるだろう。ラジオの中

* 電池には必ず極というところが二つあって、そこに針金をつなぐようにできている。舌につけるには、乾電池は一つだけで十分である。たくさんつないでやってはいけない。

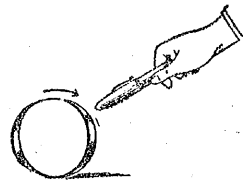
にも相当にこのいたいようなしげきのくる部分がある。これも電気のせいである。(電池などはその極にさわってもなんともない。これは電気が弱いからである。)

電気はどこにもある。私たちの家ごとに電燈線が引きこまれて、すべての家に電燈がつき、ラジオになる。この針金の中にはもちろん電気がきいている。しかし、電気はそのような特別のところだけにあるばかりではない。どこにもある。第一に空気の中にある。空気の中の一部分の粒子は、わずかではあるが電気を帯びている。カミナリもこの空気中の電気によって起される現象である。

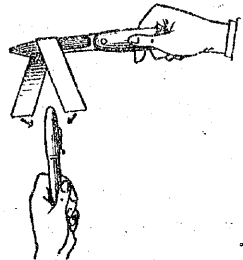
大地にも電気が流れている。よくしらべてみると、地の中を、やはりわずかではあるが地面に沿って地電流というものがあることが知られている。

また、人間や動物のからだの中にもある。怒ったり悲しんだりすると、この電気が強くなる。もちろん、人のからだの場合などはごく弱いが、特別な動物、シビレエイやデンキウナギなどでは、手がビリビリするほど強い電気を出すということである。

電気をつくることもきわめてたやすい。たとえば、万年筆の軸やセルロイドやガラスなどを乾いた布でこすると、小さい紙片を引きつけたりする。エボナイトやセルロイドは乾いたフランネルでこするとき、また、よく乾いたガラスは絹布でこするとき、この現象がいちじるしい。それらの棒をこす



第1図 紙でつくった環が、万年筆の軸の電気で引きよせられてくる。



第2図 ナイフにまたがらせた紙片が、万年筆の軸の電気で引きよせられる。

っておき、第1図のような紙でつくった環に近づけてみると、それが引きよせられてくるのがわかる。また、第2図のように、ナイフにまたがらせた紙片に近づけてみても、それが引きよせられるのがわかるであろう。これは棒に電気が起ったためであるといっている*。ネコのせなかの毛をよく乾かしておいてから手でなでると、パチパチと音がする。これも電気なのである。夜、真っくらな所だと、このネコの毛から光が出ることもあるし、純毛のシャツや絹のくつ下をぬぐときなどにも、光が出たり音がしたりすることがあるという。これも電気である。

上に述べたように、いろいろのしかたでできる電気が、どれもみんな同じ電気であるということは、それらを取りだしてしらべてみると、程度の差はあるが、どれも共通の性質を示すことから証明される。

* マサツ電気といっている。棒も布もできるだけ乾かしておかないと、うまくいかない。

このように、電気は自然界のいたる所にあるし、今日では発電所で大量につくりだした電気が、電線によってどこにもかしこにも行き渡るようにされているし、無線電信やラジオの電波は、走っている電車の中、私たちの部屋の中、机の下、そしてあらゆる空間のすみずみにまで来ているわけである。ちょうど、私たちは晝間は光の中に住んでいるということが出来るが、その意味で、人間は電気の中に住んでいるということもできる。しかも、この光の本体をしらべていくと、光も電気の波であることがわかった。そうしてみれば、さらに私たちのまわりには電気が充滿しているわけになる。

ところで、さらに物質を形づくっている原子は、電気を持った核というものと、核の電気とは別の種類の電気を帯びたごくごく小さい“電子”という粒子とからつくられていることがわかってきた*。この原子をつくっている粒子は、物質を構成している単位であって、このような微細なものについては、物質と電気とはまったくきり離して考えることはできない。すなわち、電子というもののから電気をとり去ってしまうということはとうてい考えられない。したがって、物質を構成する要素は電気を持っている、というより物質そのものが電気であるといってよい。そうすると、私たちの住むこの世界は、まったく電気の世界なのだということができる。

* ただし、後に述べるように、原子の核の電気は正の電気であり、電子の方の電気は負の電気である。

このように、電気は世界中のあらゆる所にありながら、人間が電気の性質を知って利用しはじめたのはほんの近ごろのことである。したがって、一般の人々は電気というものにまだよく慣れていない。時計の構造はかなり複雑ではあるが、中の構造を見ればそのしくみはわかりやすい。ところが、電気は直接は目に見えないために、電燈や電熱器のとりあつかいさえ恐れる人があるし、モーターやラジオになると、まったく手が出せない人が多い。これは電気がどんな性質を持っていて、どんなはたらき方をするのかをはっきり知らないために、必要以上に恐れったり遠ざけたりするのである。

普通に“電気”ということばは、電気という“もの”を想像して、それをさしているときもあるし、もっとぼんやりと、電気を示す現象や作用を全部を含めている場合もあるから、そのつもりで考えることが必要である。

研究 1. 金属以外のいろいろの物質をいろいろな布でこすってみて、マサツ電気の起るぐあいをしらべてみよ。

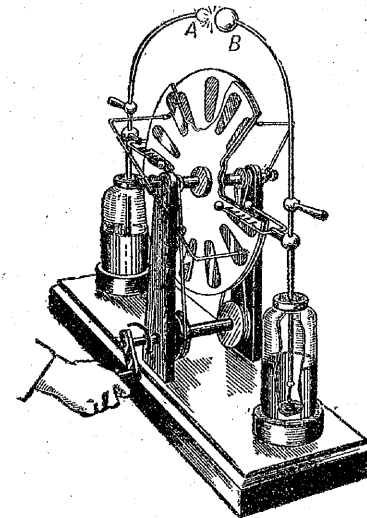
§2. 電気をうまく利用するまで

上に述べたように、物質をマサツすると現われてくる性質（紙片を引きよせたりすること）については、古代から知られていたらしい。しかし、この現象を科学的に研究することは、16世紀の末ころまでまったくおこなわれなかった。1600年

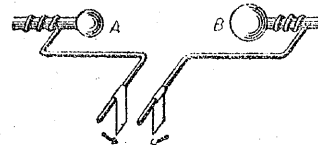
ごろになって、はじめてイギリスのギルバートがそれらのことを研究しはじめ、“電気”という名をつけた。たりした。

第8図のような起電機はどこの学校にもそなえつけられているが、電気の実験用器械としてはなかなかおもしろいものである。このハンドルをまわすと、二つの向き合った金属の先端A,Bに火花がとぶ。これは電気が空気を通して走ったために火花が出たわけである。しかし、電気はAとBとにどのようにできたかをし

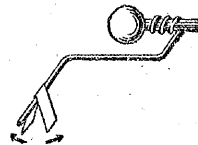
らべてみなければならぬ。そこで、A,Bの棒をもっとのばして第4図のように平行にある距離をへだてて並ぶようにくふうし、その両方に紙片（鉛筆で全面を黒くしておくとよい）を1枚ずつ下げておく。そして起電機のハンドルをまわすとそれらの紙片はきつと互に引き合っ



第8図 起電機



第4図 (a) 起電機の両極ABにつないだ針金に紙片を巻きつけて、起電機をまわすと、これらの紙片は互に引きあう。



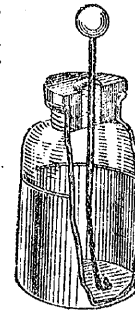
第4図 (b) 極をはなしておいて針金に紙片をまたがせると、紙片は開こうとする。

近ければ吸いついてしまうであろう。ところが、A,Bを引き離しておいて、そのおのこの紙片をまたがらせて下げてみよ。それらのおのこの紙片は、互に開こうとする。結局この現象から、私たちはAにできた電気とBにできた電気とは違って、同じ種類の電気は、互に離れようとするし、違った種類のものは、互に近づこうとするのだと考えることができる。それで、一方を正(陽)電気、他を負(陰)電気と呼んでいる。

電気の研究は18世紀の中ごろからひじょうに盛んになりだした。しかし、そのころはまだ興味本位の研究がおこなわれていただけであって、電気が実用になるのはまだまだ遠いことであつた。そのころはマサツを利用した起電機を使って電

* フランネルでマサツしたエポナイトにできる方を負、絹布でマサツしたガラスにできる方を正ときめてある。ただ、これは約束であつて、逆に名づけてもよかつたのである。これで電子の電気は負電気となり、核は正電気を持つということになった。

気を出していたが、そこに発生した電気をある程度ためておく装置が發明された。今日でも、ライデンビンといわれて実験に使われることがあるが、ガラスのビンの内と外とに、すずのはくをはったものである。(ガラス板をはさんで2枚の金属板を使つても、その原理に変わりはない。) このようなものは、一般に電気をためるという意味で、“蓄電器”といわれている。



第5図
ライデンビン*

蓄電器の2枚の金属と起電機の両極とを針金で結んでおいて、電気を起し、針金をはずしてから蓄電器の外と内とを金属の棒でつないでみよ。針金がふれようとする瞬間に、火花がとぶだろう。組中の者が手をつないで輪になり、両端の者がこの内と外との金属にさわってみると、手をつないでいる者に全部同時に電気が通るのがわかる。

ベンジャミン=フランクリンがたこを上げてカミナリが電気であることを見だし、避雷針をつくつたのも18世紀の中ごろのことであつた。これによって、一つの天罰のように思われていた落雷を科学的に防ぐことができ、自然を征服して人間生活を少しでも楽しくすることができたわけであるが、これが電気の研究が人生に役立った最初ともいえよう。しかし、そのころの人々の自然科学研究への熱意は、さらに進ん

* ライデンというのはオランダの都市の名である。

で、この未知の電気の本体をつかまえようとする努力に集中されていった。そして、正電気と負電気との引き合う力も精密に測定されたり、蓄電器の電気をためる作用の研究もおこなわれたが、これらの電気の研究も、1800年に発表された電池の発見に至って、一つの頂点に達した。

電池がつくられて、はじめて電気を長時間連続的に電流として得ることができるようになった。そしてこれを利用して、まず化学上の研究がおこなわれ、さらに電流の作用に関する研究がめざましく発展していったのである。

問 18世紀の中ごろから、電気の研究が盛んになったのはなぜだと思うか。

研究 2. ベンジャミン・フランクリンの傳記と、その電気学上の仕事とをしらべてみよ。

§3. 電池は電流をつくり出す

亜鉛(Zn)の板と銅(Cu)の板と吸取紙とを数枚用意し、吸取紙にきりゅう酸(稀硫酸)をしみこませて第6図のように亜鉛板と銅板との間にはさんで順々に重ねる^{*}。その両端の亜鉛と銅とに針金をつなぎ、電圧計につないでみるがよい。電圧計の針が振れるのがわかる^{**}。この 亜鉛|きりゅう酸(H_2SO_4)|銅

^{*} これはヴォルタが発明したもので、ヴォルタの でんたい(電堆)と呼んでいる。

^{**} 重ねた全体をしっかりとめつけるようにしないといけない。

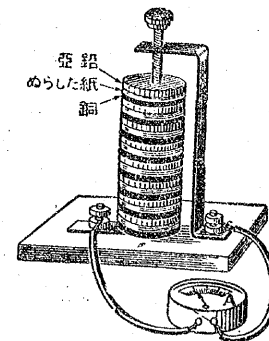
の組の数をいろいろ変えて、針の振れかたがどう変わるかをしらべてみよ。組を増すにつれて、針の振れかたも大きくなること*がわかるであろう。

次に、第7図のように、ガラス器の中にきりゅう酸を入れ、亜鉛棒と銅棒とを立てて、それを針金で電圧計につないでみる^{*}。

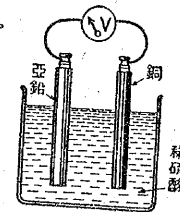
豆ランプにもつないでみるがよい。電圧計の針の振れかたや豆ランプがつくことによって、電

気が流れていることは考えられるだろう。このとき、つないでいる針金を少しでも離すと、豆ランプは消える。これはすなわち、針金の中を電気が流れている証拠である。さらに私たちは、電池の一方の極(ここでは銅の方)から、ちょうど管を通る水のように電気が流れ出て、ランプや電圧計を通りぬけ、亜鉛の方の極にはいりこむのだと考える。このように電気を水にたとえて、その性質を説明すると、ただ流れるということだけではなく、そのほかのいろいろ

^{*} これもヴォルタが発明した“電池”である。



第6図 ヴォルタの電堆。亜鉛板と銅板との間に酸をふくんだ水をふくませた酸をはさんだものを何組か重ねてつくる。



第7図 ヴォルタの電池

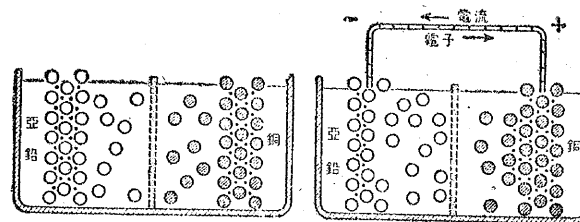
ろな点でひじょうに便利である。それで電流ということばが用いられるようになった。(しかし電気は水とはまったく違うものであるから、全く水と同様に説明できるものではない)。

ヴォルタ電池では電流を流すにつれて、亜鉛棒はしだいに細くなっていき、銅棒は表面から水素のあわを出して、じきに電流が弱まってしまふ。この原因の一つは、銅の表面をあわでおおってしまうからである。それで後には、きりゅう酸とリゅう酸亜鉛の溶液を入れ、おのおのに銅と亜鉛とをさしこんだ電池が発明された(ダニエル電池)。この電池では電流が流れるにつれて亜鉛はへっていき、銅は太っていくだけで、電流はかなり長い間続いて流れる。

それにしてもこのような電池からなぜ電流というものが得られるのであろうか。銅の原子も亜鉛の原子も、金属の中にあるときは、どちらも30個ばかりの電子を含んで中性になっているが、溶液の中にとけると、二つの電子を失って正の電氣をもった“イオン”とよぶ状態になっている。

さて、電子というものは(ひじょうに微細なので)金属の中でさえ自由にすらすらと通り抜けられる。金属線の中を通る電流の正体は、この電子の流れなのである。

ところで、亜鉛と銅とを金属線でつなぐと、銅の方が亜鉛よりも電子を引きつける力が強いので、電子は導線を通して、亜鉛の方から銅の方へと走りだすし、一方、液にとけこむ力は、亜鉛の方が銅より強いので、液体の中にとけこんでいた銅のイオンはどしどし元の銅板におしかえされ、亜鉛板の方からは、亜鉛イオンが液の中へ新しくできて出てくる。それで、第8図でもわかるように、電子の移動とイオンの移動と



第8図 亜鉛と銅をつなぐと、亜鉛のイオンは液の中にとけだし、電子は導線をつたわって銅の方へ流れる。銅のイオンは液から銅板の方へおしかえされる。

がひき続いて起るので、電流が得られる。

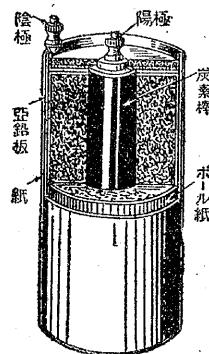
ただし、ここで注意することは、電子の持っている電氣は負の電氣であり、金属のイオンの持つ電氣は正の電氣であるので、電子は針金の中を亜鉛から銅の方へ流れているのにもかかわらず、電流は逆に銅から亜鉛の方に流れる、とするのが普通である。それで電流の流れだす方を電池の正(陽)極、他を負(陰)極という。実際の電池では、まん中にある極、または赤く塗ってある極が正の極である。

ヴォルタの電堆(でんたい)の両端の金属に手をふれてみると、電堆を重ねていくにしたがってしげきが強くなる。(両極から針金を出してコップの水の中につけ、その水の中に手を入れてみるとわかる。)電圧計によってもそのことが示され、しだいに目盛が増すのがわかる。このようなしげきの原因は、すなわち電池の電流を出す力であって、そのしげきの強

さは力の程度を示している。この力を電池の“起電力”と呼び、その単位を“ボルト”という。電圧計は、この起電力が何ボルトあるかをすぐに読めるようにつくった計器である。

§4. 電池にもいろいろある

今日、実際に用いられている電池は、ボルタのつくったものとは違っている。いろいろ種類はあるけれども、乾電池と蓄電池とがもっとも私たちの身近にあって、いろいろの役に立っている。



自転車のランプや懐中電燈などの電池は乾電池である。あの円筒形の乾電池を一つこわして中を見よう。

まず、外側に紙があって、これをとると亜鉛の筒がある。それをはがしてみるとボール紙が巻いてあって、その中に黒いどろのようなものがある。さらにその中央に炭素の棒がはいっている(第9図)。しらべてみると、ボール紙には塩化アンモニウム(NH_4Cl)と塩化亜鉛(ZnCl_2)及び水がしみこませてあるし、黒いどろのようなものは二酸化マンガ(MnO_2)と黒鉛と塩化アンモニウムをねり合わせたものである。

この電池の正の極は炭素棒で、負の極は亜鉛板である。しかし、この炭素棒

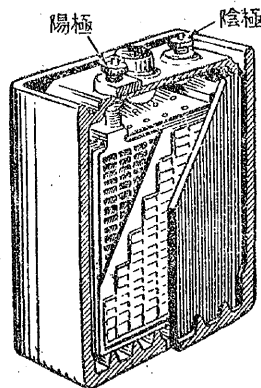
は電気を伝えるだけでなんの作用もしていない。いいかえれば、この電池は、

①亜鉛 | 塩化アンモニウム | 二酸化マンガ② という構造になっていて、亜鉛から流れ出した電子が、針金を通して炭素棒から二酸化マンガに吸いこまれ、それが物質に変化を起すのである。

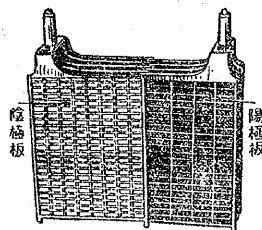
この乾電池の両極を電圧計につないでみると、だいたい1.5ボルトある。しかし、使っていると、しだいにその値が下がって来て、0.75ボルトになるとまず役に立たなくなる。この乾電池は、続けてつけはなしにして使うよりも、なるべく休み休み使った方が永持ちがする。それは電流を流しているときに起る物質変化が、休んでいる間に少しは回復するからで、続けて使うとそれが間に合わないためであろう。

乾電池は一度使ってしまった、それをそのままでは二度と電池として役に立たせることはできない。ところが、“蓄電池”という電池は、電圧が下がってくると、それに電気をつぎこんでやれば、また電池として使えるようになる。このようにしていつまでも使い続けられる蓄電池は、実験用にも実用にもひろく利用されている。

普通の蓄電池というのは鉛蓄電池といって、きりゅう酸の中に鉛(Pb)の極と、過酸化鉛(PbO_2)の極とを入れてある。ガラス器のものを横からのぞいてみると、これらの極が数枚ずつたがいちがいに入れてあるのが外側から見える。鉛の極は負の極で、過酸化鉛の極が正の極になっている。それらの間の起電力は普通2ボルト以上ある。ところが、だんだん電流



第10図(a) 蓄電池の構造



第10図(b) 極の構造

極につなぎ、負の極と負の極とをつなぐことはいうまでもないが、よく注意して間違いないようにするがよい。

蓄電池には器の大きいものも小さいものもある。しかし、どれも起電力は同じである。(器をたくさんつないであるものは起電力も違う)。違う点は電気をたくわえる能力で、それを

を流して(これを“放電”という)いくと、この起電力が下がっていくが、1.8ボルトにまで下がったとき、そのまま放電を続けると、その後は急に起電力が下がってしまう。そうすると、この電池はもとにもどらなくなる。すなわち、1.8ボルトになったとき、必ず“充電”しなければならない。充電というのは前とは逆に別の電源から電流を送りこんでやることである。電池のとりあつかいで、この1.8ボルトになる前に、いつでも充電をくりかえしておくことが一番たいせつなことである。また、充電するときは、電気を送りこむ方(電源)の正の極を蓄電池の正の

“容量”という。たとえば10アンペアずつ使っていると、10時間目に1.8ボルトに下がる蓄電池は、 $10 \times 10 = 100$ アンペア時の容量を持つという。

自動車には必ず蓄電池がそなえてあるし、電車や列車にも予備の電燈をつけるためにそなえてある。また電気を大量にたくわえておく装置としては、現在この蓄電池を用いるほかに方法がない。電車や自動車などでは、運轉している最中たえず充電しながら使っている。また、蓄電池をたくさん備えておいて電気モーターで動く自動車や電車のようなものも、実際にかなり用いられている。また、電気の実験には必ず必要なものであるし、電気分解や電気メッキにも用いている。

この蓄電池の正の極 PbO_2 はチョコレート色をしている。そこに電子がたまり、液の中の水素イオンと結びついて水素ができ、それと同時に硫酸と作用して、 PbO_2 は $PbSO_4$ に変化していく。一方負の極 Pb はやはり硫酸と作用して $PbSO_4$ に変わる。これは白いで両極の極板の色の変わり方を見ると、その電池がよく充電してあるかないかがわかる。また、硫酸の濃さは放電していくにしたがって減っていく。それを比重計ではかってみると、やはりその程度がわかる。蓄電池を使っていないときは必ず針金をはずしておくこと、表面をきれいに乾いた布でよくふいておくこと、また硫酸をとりあつかうから着物に気をつけ、水素が発生するので、火を使うことにも注意することがたいせつである。蓄電池はよく手入れをすればいつまでも使えるものであるから、十分にだいにしなければいけない。

研究 3. 乾電池と鉛電池とのよいところとわるいところ

とをしらべよ。そして、もっとも理想的な乾電池や蓄電池はどんなものかを考えてみよ。

研究 4. 乾電池の発明は日本の屋井先藏という人が、また、蓄電池の極板のつくり方については島津源藏という人が、大きな功績を残している。この人たちはどんなことをどのようにくふうしたのか、しらべてみよ。

研究 5. 亜鉛と酸化銅とを、カセイソーダ溶液の中に入れて、電池をつくってみよ。



アレッシェンドロ=ヴォルタ
(Alessandro Volta 1745~1827)

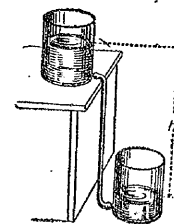
II

- 問 1. 豆電球を、家に來ている電燈線につないでもよいだろうか。
2. 近ごろ、電球の線が切れても、つないでもう一度使う方法がおこなわれている。どうするのか。
3. ローズクを使うのと電燈を使うのとどちらがどんな点で便利か。
4. 勉強用の電燈は、どんな電球をどれくらいの高さで使っているか。
5. 自分のうちで何ワットの電球を何箇使っているか知っているか。
6. 電熱器はどんな点で便利だと思ふか。
7. アルミニウムはどんな役に立っているか。

§5. 電流はどのように流れるか

高い所にあるタンクから管を通して水を流しくだすとき、水を押しくだす原因は水面差(落差)にはたらく重力であって、たとえば、第 11 図の管の下端には高さ h に比例して水の圧力がかかっている。

電流の場合にも、これと同じように電気の圧力(“電圧”)が作用していると考えるとつづろがよい。電圧の単位もやはりボルトである。前に述べた電池の起電力というのは、その

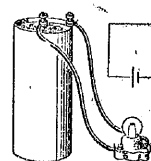


第 11 図 水面の差(落差)によって水は高い方から低い方へと流れ落ちる。

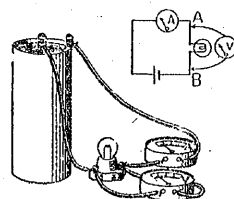
電極間に電流を流す電圧のことで、ちょうどタンクに水を上げるポンプの力に相当する。だから電池というのは電流を流すためのポンプであるといっていよい。

タンクから流れ出す水流の量は(流や川の場合と同様に)、流れる水の量でいい表わすが、電流の場合にも1秒間に通る過ぎる電気の量によって“電流の強さ”を表わすことになっている。その単位は“アンペア^{*}”といって、電流計をつなげばわかる。

実験1. 電池を3箇、豆電球を3箇、銅の針金を数本、電流計、電圧計などを用意する。



第12図



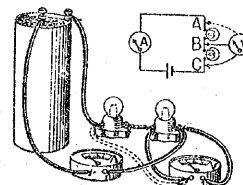
第13図

1) 第12図のように、1箇の電池に1箇の豆電球をつないでみる。そしてこのときの電圧と電流とをはかる。ただし、電圧をはかるには第13図のように、電流の流れる“回路”の中の、電圧をはかりたいと思う2点、たとえばA、Bに電圧計(V)の両端をつなぐ。また電流計(A)の方は、図のようにその回路の中に直接さし入れなければならない。

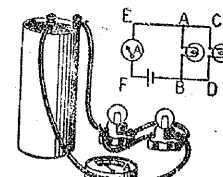
2) つぎに、1箇の電池に2箇

* アンペア(記号 A)の1/1,000の単位をミリアンペア(記号 mA)という。

の豆電球を第14図のようにつなぎAの部分とBの部分とで電流をはかり、またAB、BC、AC間の電圧をはかる。(このような豆電球のつなぎ方を直列またはシリーズという。)



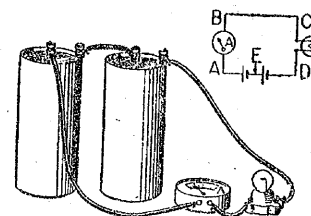
第14図



第15図

3) 1箇の電池に豆電球2箇を第15図のようにつないで(このつなぎ方を並列またはパラレルという)、AB、CD、EF間の電流およびAB、CD間の電圧をはかる。

4) つぎには、第16図のように電池を直列につなぎ、豆電球を1箇つけ、回路の電流と、AD、CD、AE、ED間の電圧をはかってみる。



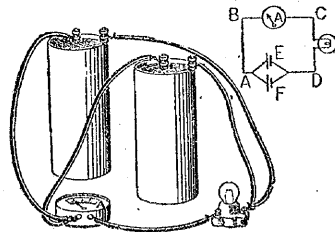
第16図

5) 第17図のように、2箇の電池を並列につないで、AD間の電圧、AE、AF、CDを流れる電流をそれぞれはかる。

6) さらに豆電球3箇と電池3箇とについて、それらを直列、並列につなぎ変えて、同じように実験してみる。

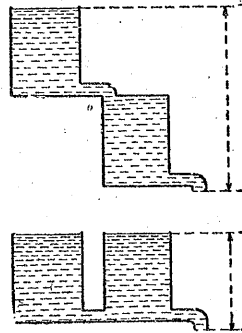
これらの実験から、つぎのことがわかるであろう。

- 1) 電池は直列につなぐと、その起電力は加えられていく。同じ電池2箇を直列につなげば、起電力は2倍、3箇では3倍になることは電圧計によってはっきりわかる。
- 2) 電池を並列につないでも、起電力は増さない。



第17図

これらのことは、ちょうど水のタンクを第18図のようにたてにつないだときに水圧が増すことと、横につないだときに水圧が変わらないことに似ている。



第18図 タンクをたてに重ねるとその落差は大きくなる。タンクを並べてつないだときには落差は変わらない。

- 3) 針金に豆電球をつなぐことは電流の流れをジャマするものらしい。なぜなら、豆電球を2箇直列に入れたときは、1箇はさんだときにくらべて、電流はほぼ半分になる。また2箇の電球を並列に入れると、電流は

ほぼ2倍になる。

- 4) しかし第14図のような実験から、ACsの間の電圧はAB, BCの間の電圧の和になっていることがわかる。しかし、電流はどこで測っても少しも変わらない。すなわち、水が流れ落ちて水車でもまわすように、電球をかがやかせることによって電圧は下がるが、電流には変わらない。

- 5) このように電流を流れにくくし、そして電圧を下げるようなものを“電気抵抗”(またはただ抵抗と呼んでいる。すなわち、抵抗が大きいと電圧の下がり方が大きいし、流れる電流は小さくなる。だからこの抵抗の大きさをその両側の電圧と、そこを流れる電流とから、抵抗 = $\frac{\text{電圧}}{\text{電流}}$ という関係できめることにする。この関係を“オームの法則”または“直流抵抗の法則”といっている。抵抗の単位はオームといって $\frac{[\text{ボルト}]}{[\text{アンペア}]} = [\text{オーム}]$ のような関係で表わされる*。

研究1. 豆電球の抵抗は何オームぐらいか。前の実験の値から計算してみよ。

- 6) また抵抗については、前の実験からつぎのことがわかる。すなわち、抵抗を直列に入れると電流が減る。その値はオームの法則から計算して、全体の抵抗の値は直列に

* オーム (記号 Ω) の 10^3 倍をキロオーム (k Ω)、 10^6 倍の単位をメガオーム (M Ω) という。

入れた抵抗の値の和になる。豆電球の1箇の抵抗を R オームとすると、直列に二つ入れれば $2R$ 、三つ入れれば $3R$ になることがわかる。

7) また並列に入れたときは全体の電流が増す。これは全体の抵抗が減ったことになるが、同じ抵抗 R を二つ並列に入れば、全体では $\frac{R}{2}$ となり、三つ入れれば $\frac{R}{3}$ となる。

§6. 電流は熱や光を出す

電球の中で光を出す細い線はフィラメントといって、タングステンという金属をごく細くしたものである。タングステンは、炭素と同じようにとげにくい金属で、 $3,000^{\circ}\text{C}$ に熱しても固体のままである。

電流をこのような細い線に通すと、どうして光が出るのであろうか。また電熱器の場合、ニクロム線の所だけ赤熱されるのはなぜであろうか。

金属線の中を電流が通るといのは(前に述べたように)、電子が通り抜けることなのであるが、金属線の断面積や長さやまたその物質固有の性質によって、電子の傳わりやすさ、逆にいえば、電流の通りにくさ、すなわち抵抗が違ってくる。実験によってわかるように、抵抗を並列に入れば、その断面積が増すので抵抗の値は減るし、直列につなげば(太さの同じときには)その長さに比例して抵抗の値は増す。すなわち、長さ l 、太さ S の針金の抵抗 R は l/S に比例している。そこで、

$l=100\text{ m}$, $S=1\text{ mm}^2$ として、

いろいろの金属の抵抗^{*}の値をしらべてみると、だいたいの値は右の表のようになっている。

電流回路の一部分に、抵抗の

大きい部分がはさまっていると、全体の電流はその部分の通

りにくさだけで制限されてしまう。そして他の通りやすい部分、すなわち、抵抗の小さい部分は電子がやすやすと通っているが、抵抗の大きい部分では、電子が通るのに、いわば混雑を起しているので、そのため、その部分の物質の原子の振動が起る。それが熱を出すということなのである。

川の流れでも、川幅の廣く深い所は水が静かに流れて音も立てないが、川幅の狭い浅瀬や谷あいや岩石のごろごろしている所では川音がはげしい、というのに似ている。この場合流れ落ちる川水の量が多ければ音もはげしいし、落差が大きければ流れも盛んで、やはり大きな音をたてるであろう。

電流が抵抗によって熱を出すのもこれとやや似ていて、熱の量は電流にも比例するし、電圧にも比例している。しかも電圧=電流×抵抗であるから“発生する熱は電流の2乗に比例し、抵抗に比例する”といってよい。

しかし、電熱器をつけたときや、炭火の中で鉄をやいたと

* 金属の抵抗の値は温度によってかなり変わってくる。

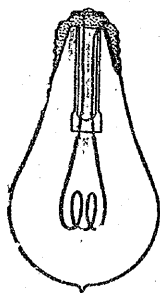
金 属	温度($^{\circ}\text{C}$)	抵 抗(Ω)
銀	20°	1.6
銅	20°	1.7
アルミニウム	20°	2.8
鉄	20°	9.8
タングステン	20°	5.5
"	$1,000^{\circ}$	35
洋 銀	—	20~40
ニクロム	—	100~110

きにもわかるように、物を熱すると、はじめは赤黒い色をしているが、だんだんあかるい赤色になり、つぎに桃色になる。この色の温度はだいたい $1,000^{\circ}\text{C}$ ぐらいであるが、それ以上に熱するとダイダイ色になり、 $1,500^{\circ}\text{C}$ をこえると白く見える。太陽の光線は白色であるが、その表面の温度は $6,000^{\circ}\text{C}$ と計算されている。

ところで物を熱して光を得ようとする場合は、與えた熱に対して出る光の割合は、太陽の温度のときが一番よいということがわかっている。それで、もし電球のフィラメントも、太陽と同じ温度にできれば一番よいわけであるが、どんな物質でも、この温度までとけずに固体で保たれているものはない。そこでできるだけ高い温度にするために、前に述べたように、炭素かタングステンかを用いることになったのである。

このように物を熱して光を得る電燈を“白熱電燈”という。

電燈の発明者はアメリカのトマス=エジソンといわれているが、針金に電流を通して“あかり”にしようとした人はそれ以前にもいた。1868 年ごろ、イギリスのスワンは真空のガラス球の中にモメンの糸を封じこんで、それを電流の通るようにくふうし、モメン糸を電熱でやいて炭化し、炭素線を得て電球をつくった。エジソンもこのフィ



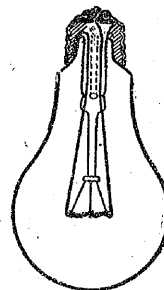
第 19 図 炭素フィラメントの電球

ラメントをつくることにひじょうな苦心をした結果、モメン糸を炭素の粉とともにルツボに入れて数時間熱してから炭化し、その線をフィラメントに用いることに成功した。1879 年 10 月 21 日、エジソンのつくった白熱電燈は、はじめて 40 時間以上も連続して点火した。この日をいまでも“エジソンの日”といって記念している。

エジソンの功績は、電燈発明の苦心にもあろうが、それよりも、かれが電燈を一般に廣く用いさせようとしてひじょうに努力し、電燈会社を設立したこと、電燈を普及することに成功した点にあるといわなければならない。

フィラメントの温度を上げるには、できるだけ細くしたい。そのために炭素より蒸発しにくいタングステンをごく細く、しかも丈夫なものにつくることが研究され、いろいろの苦心のすえ、アメリカのクーリーによって成功した。

また電球の中が真空（空気がほとんどない）なので、フィラメントを熱すると、その原子が蒸発してとび出していき、電球の内部を黒くくもらしてしまふ。（これは今でも悪い電球に時々見られる。）それを防ぐために窒素とかアルゴンとかのガスを封入することが考えられた。これがガス入り電球である。



第 20 図
タングステンの二重コイルの電球

現在のよい電球のフィラメントをよく見ると、そのフィラメントはラセン状(コイル)になっている。針金を電熱で熱したとき、線が細ければ熱の放散がはげしいから、さめやすく温度が上がりにくい。そこでこれをコイルに巻くことによって、熱のさめ方をずっと少なくするという方法がくふうされたのである。



第21図 二重コイルの構造

このフィラメントは、ただコイルになっているだけではない。もっとよく見ると、虫めがねでしらべてみるのもよいであろう。フィラメントは、コイルがさらに二重コイルになっているのである。このように二重コイルにしたのも、高温度に保つためである。

実験2. 100ワットの電球, 30ワットの電球, 炭素電球。

- 1) 100ワットの電球の抵抗をしらべる。
- 2) 30ワットの電球の抵抗をしらべる。
- 3) 両方の電球を同時に100ボルトの電源につないで、その色をしらべてみる。
- 4) 炭素電球をつけて、前のタングステン電球と色の違いをしらべる。

* ただし、タングステンや炭素は温度によって抵抗がひじょうに違うことを頭に入れておく。

5) 炭素電球の抵抗をしらべる。

電球には100V-100Wなどと書いてある。これは100ボルトの電源につなぐと100ワットの“電力”を使うという意味である。電力というのは1秒間に使われる電気エネルギーであって、1ワットというのは、たとえば、1ボルトの電圧で1アンペアの電流が流れるという意味である。それで100ワットの電球を100ボルトの電線につなぐと、

$$\frac{100 \text{ワット}}{100 \text{ボルト}} = 1 \text{アンペア}$$

となって、1アンペアの電流が流れていることがわかる。

すなわち、1ワット=1ボルト×1アンペア とおぼえておけばよい。

電燈では熱は少しも必要としない。フィラメントを熱する白熱電燈はいくら効率がよくても、使う電力のうちの10%ぐらいしか光になっていない。それで、真空管の中に特殊なガス、たとえば、ネオンや水銀をつめて放電する放電燈や、そこに特別に光を放つ物質を入れておいて、白い光を出させるように考案した“螢光燈”などが、ほんとうの意味でもっとも有効な電燈として今後大いに発達するに違いない。

電熱器が熱を出すのも電球のフィラメントと同様である。しかし、この方は光を出すのではなくて熱を出すのであるから、実際にはいろいろと違う点がある。まず熱を出す線は空

氣中で数百度に熱せられるのであるから、どうしても酸化されやすい。ニクロム線はニッケル 80, クロム 20 の合金であって、(最近代用品として用いられている鉄クロム線はカンタル線といって、アルミニウム・鉄・クロム・コバルトなどの合金である) 抵抗がひじょうに大きいこと、酸化しにくいこと、とけにくいこと、などの性質を持っている。

電熱器をつくるとき、たとえば 100 ボルトで 500 ワットにしようとするならば、電流は 5 アンペアとなるから、抵抗は 20 オームにすればよい。^{*} ニクロム線を 20 オームにするには、長さ太さとの両方を調節することができるので、ある程度太く長くしても、または細くて短くしてもよいわけである。そこで電熱器の用途、たとえば、室内の空気を暖めるためか、台所の料理用かなどによって違ってくるわけである。

右の表は、料理用の電熱器として適当なワットとニクロム線の直径と長さを示したものである。(100 ボルトに用いるもの。)

ワット	ニクロム線 番号 B.S.	直径 (mm)	長さ(m)	抵抗(Ω)
300	24	0.51	6.2	33.3
400	23	0.57	5.8	25.0
500	22	0.64	5.9	20.0
600	21	0.72	6.2	16.7
700	20	0.81	6.2	14.3
800	19	0.91	7.1	12.5
900	19	0.91	6.5	11.1
1,000	18	1.02	7.4	10.0

$$* \quad \frac{500\text{W}}{100\text{V}} = 5\text{A} \quad \frac{100\text{V}}{5\text{A}} = 20\Omega$$

^{**} ニクロム線の抵抗は温度によって少し変わる。しかし、だいたい 1,000°C のちみいに對してもその値が 10~20% 増す程度である。

問 室内の空気を暖めるためと料理のためとでは、熱の源がどんなふうに違っていることが必要か。そしてそれには、どんなニクロム線を使えばよいか。

研究 2. ニクロム線の端を電線にとりつけた部分が、こわれやすかったり、やけやすかったりするのなぜか。この部分がやけないようにするにはどうしたらよいか。

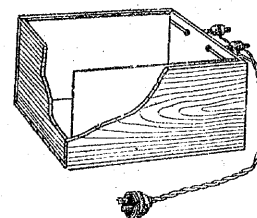
研究 3. ニクロム線が切れたときつなぐにはどうしたらよいか。その部分がまた再度やき切れやすいのはなぜか。

研究 4. ニクロム線を半分に切って使ったら、その電熱器はどうなるか。電力をどれくらい使うか。

研究 5. 家にある電熱器やアイロンやハンダコテなどを分解してその構造をしらべ、欠点をさがし、どうしたらもっとよくなるかを考えてみよう。

§ 7. 電流はものを分解する

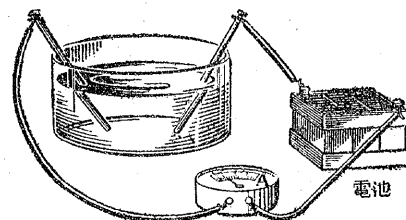
第 22 図のような四角の箱の中に、小麦粉に少しの塩とふくらし粉をまぜて水でねって入れ、両側に装置した鉄板に 100 ボルトを通じてパンをやく方法がある。この場合に、水や塩の入れかげんによってパンのやけ方やその時間にも違いがあり、塩を



第 22 図 電気パン焼器。2 枚の鉄板の間に小麦粉をねって入れる。

入れ過ぎると安全器のヒューズがとんでしまったりする。また箱や鉄板の大きさや距離もいろいろと影響することがわかる。

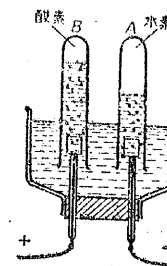
実験3. 第23図のようにガラスの水あけの中に電池につないだ両極を入れ、塩水の濃さを変えたり極棒の水につける長さを変えたりして、そのとき流れる電流の違いをしらべてみよ。また電極の所に何か変化が起るかをしらべてみよ。



第23図 電解質の中を電流が通る実験。

前に電池のところで述べたように、多くの物質は水に与えて一部分がイオンになる。食塩は水にとけると正の電氣を持ったナトリウムイオン Na^+ と負の電氣を持った塩素イオン Cl^- となるので、それに電極を入れると、 Na^+ は負の極へ走り、 Cl^- は正の極に走って行って、そこで電氣を失って、極の物質と作用したり、あわになったりする。このようなわけで、塩水の中を電流が流れることができるのである。そしてこのときにもやはり抵抗があるので、前のパン機器などで熱が出て、パンがやけるわけである。

実験4. 第24図のようにきりゅう酸を入れた水あけにAB2本の試験管をさかさにして、その液体を満たしておき、それぞれに電池から極を導いてきて、電氣を通しておくと、水が分解してAとBとに水素と酸素とが別々にたまるのがわかる。この場合、きりゅう酸は少しも減らない。それはただ電氣を伝える役目をするだけである。

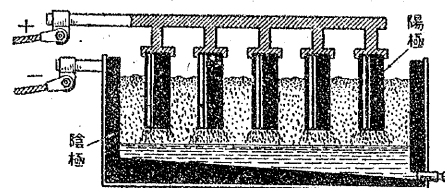


第24図 水の電氣分解

電池が発明された後、水ばかりでなく、いろいろなものを分解することがはやり、それによって多くの元素も発見された。すなわち、電流はイオンに分解している物質を分解して極に送り出す。そして、いくらでもそれを続けるので、物質がある限り分解は続く。固体の塩類や酸化物でも、熱してとこした状態にしておくと、電流によってよく分解される。

最初に述べた電氣の味というのは、舌のつばなどを電流が通るときでできる物質のイオンによるものであろう。

電氣分解は、工業に利用して金属を精練するのに用いる。その代表的なのはアルミニウムである。ボーキไซด์などといわれるアルミニウムの鉱石を処理して、アルミナ (アルミニウムの酸化物) にしてから、それを第25図のような炭素製



第25図 アルミニウムの電気精錬装置

の電解装置に入れ、上から炭素極を入れて、氷晶石（やはりアルミニウムの化合物）をまぜておいて10V以下の低い電圧で分解する。もちろん装置は大きいので、数千アンペアという大きな電流が流れるが、その結果、中に入れたものは電熱でとけ、分解してアルミニウムは底にたまって流れ出す。

アルミニウムは、資源として世界的に見れば比較的豊富であるにもかかわらず、この電気分解の方法が発見されるまでは、それを精錬して実用的に用いることは考えられなかった。現在、アルミニウムが、日常生活にも社会生活にも、ひじょうに豊富に用いられている点から見ても、電気の利用価値の重大さがよくわかる。

研究6. 電流をよく通すものを“導体”といい、通さないものを“不導体”または“絶縁体”という。導体にはどんなものがあり、不導体にはどんなものがあるかしらべてみよう。

研究7. トマス・エジソンの傳記をしらべてみよう。そして、どうしてかれが多く発明をなしとげることができたかを、組全体で討議してみよう。

III

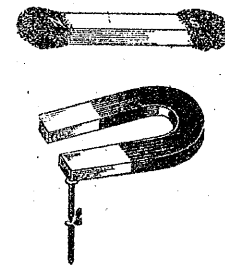
- 問 1. コンパスはどうして北をさすのだろうか。
2. 磁石で砂鉄を集めたことがあるか。
 3. 磁石をだいに保存しておくにはどうすればよいのか。
 4. 磁石は何か生活の役にたつか。
 5. モーターというのとは何か。
 6. 電車と汽車とどちらが便利か。
 7. 馬力とはなんのことか。

§8. 地球は大きな磁石である

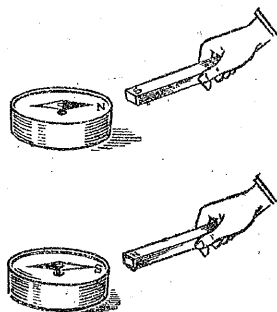
磁石には棒型のやU字型のものがあ
るが、その両端が砂鉄を吸いつけ
たり、鉄のくぎを引きよせたりする
ことは、みなよく知っている。磁石
はコンパスの針を動かすこともでき
るが、コンパスの針はやはり磁石で
ある。したがって、棒や針の形をし
た磁石を中央を糸でつるして自由に
まわるようにしておくと、コンパスと同様に南北をさす性質
があることもすでによく知っていることであろう。

磁石というものには必ず二つの端があって、そこにつぎに

* 正確に南北をささずに、場所によって少し偏した方向を向く。



第26図 棒磁石とU字型磁石



第27図 コンパスの近くに
磁石を持っていくと針は磁
石にひきつけられる。

述べるような“磁気”の力が現われる。この両端の部分を“磁極”といい、つるしたとき北を向く方を北極(N)、南を向く方を南極(S)と名づけている。

コンパスの針は色がついている方が北極であるが、このそばに棒磁石を持ってきて近づけたり遠ざけたりしてみるがよい。そうして棒磁石の南極と北極とがコンパスの針の南極・北極に

対してどんな性質を示すかをよくしらべてみるがよい。

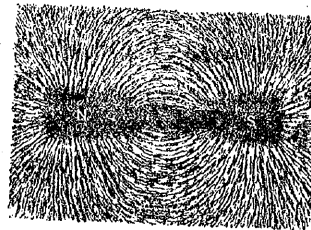
上のような実験によってわかることは、磁石のNとN、SとSとは互にしりぞけ合うこと、NとSとは互に引き合うことなどであり、さらに、その力はそれらの距離の大きいときはきわめて弱い、近づくと急に強くなる、ということである。このようなことはマサツしてできる電気についても同様である。

磁石は、他の磁石の反対の極を引きよせるだけでなく、もともと少しも磁気を持っていない軟鉄片や鋼鉄の針をも引きよせる。しかし、銅やアルミニウムなどの多くの金属や、木やセトものやガラスなどには、少しも効力を現わさない。磁石の性質をはっきり示すものは、元素では鉄とニッケルと

コバルトで、そのほか適当につくった合金などだけである。

磁石が近くの磁石や鉄片に作用するというのは、磁石が、その相手の磁石や鉄片のある場所に対してだけ、特別に遠方から力をはたらかせるように思える。しかし、それよりもむしろ、磁石はいつでもその周囲に、目には見えないが、磁気の力を及ぼしていて、そこへ鉄などを持ってくると、その場所の磁気の力の作用がはっきり目に見えるのであると考えた方がよいであろう。ちょうど、電燈をつけておけば、その周囲の空間にはたえず光が放射されている。空間にこの光があることは目には見えないが、何か物体を持ってくると、その光があたってかがやき出し、そこに光線があること、すなわち電燈の周囲が光の世界であることがわかるのと同じようなものであろう。このように磁気の力が及ぼされている場所を“磁界”といっている。

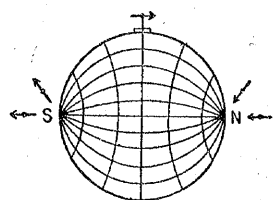
棒磁石の中心をつると、地球上どこでも南北をさすというのは、地球の上が一つの大きな磁界になつているからであろう。しかしこの磁界をつくっている原因は、地球が一つの大きな磁石になっているからだと考えついたのは、やはり前に



第28図 棒磁石のまわりにできる磁界。
ガラス板の下に磁石をおいて、板の上に鉄粉をまいたもの。

述べたギルバートであった。

天然にある磁鉄鉱が鉄を引きつけることや南北をさすことも、電気と同様にかなり古くから知られていたらしい*。そして13世紀ごろには、船乗りたちにコンパスとして利用されていたようである。十字軍の遠征の後、ヨーロッパとアジア諸



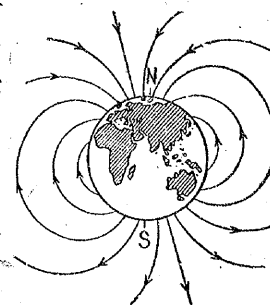
第29図 球形の磁石のまわりに小さい磁石をおいたときのようす。

（1498）や、またマゼランの世界一周航海（1522）などの大きな仕事になしとげられるに至った。ギルバートの研究は、これらのことから影響を受けているに相違ない。かれは、鉄球を磁鉄鉱でこすって磁石にし、その表面近くに小さい磁針をおいてその向きをしらべ、地球の場合とまったく同様になることをたしかめた。

地球が大きな磁石であることは、こうして発見された。（その原因についてはまだわかっていない。）地球の表面は、この地球磁石による磁界になっている。この磁界のようすは、小さい磁石でよくしらべてみるとわかる。一般に磁界のようすを

* 磁鉄鉱という鉱石は、そのかけらが磁気を帯びているものが多い。

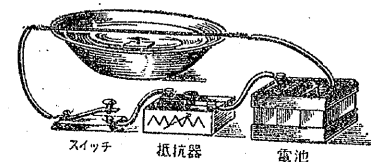
示すには、この小磁石の向く方向をSからNの方に矢印をつけた線を連続的に引いていくのがよい。そのようにして得られた曲線を“磁力線”といっている。



§9. 電流は磁石をつくる

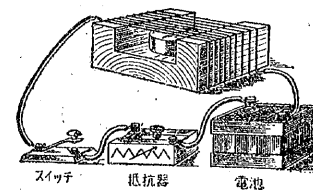
実験1. 6ボルトの蓄電池 第30図 地球のまわりの磁力線

を用意し、第31図のように水を入れたセルロイドの洗面器に磁針を浮かし、その上に抵抗器を直列に



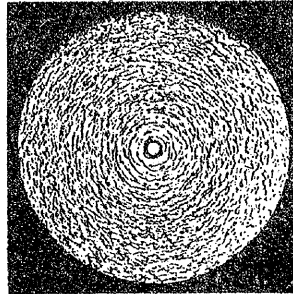
第31図 水に浮かべた小さい磁石が、その上を通る電流によって方向を変える。

し、（針金のはげしく発熱しないように注意しながら）スイッチを入れ、磁針がふれるのをみよ。どっちを向くか。針金の上下左右の各所でしらべてみよ。針金との距離によってどう違うか。

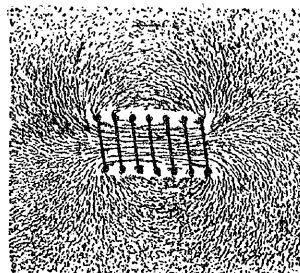


第32図 コイルの中の磁界をしらべる実験。

次に第32図のように



(a) 直線電流のまわりの磁界

(b) コイルの中や周囲の磁界
第 33 図

コイル状に巻いた針金に電流を通し、(やはり抵抗器を直列に入れておく)、その近くやコイルの中にコンパスを持ってきてその磁界のようすをしらべる。

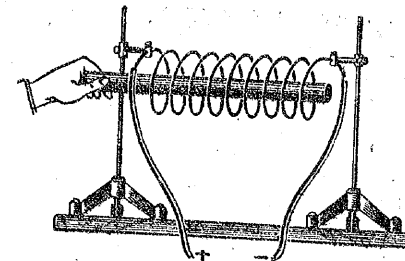
磁界をしらべるには、平面の上に鉄粉をまいておいてもよい。第 33 図はそのようにしてつくったものである。

こうしてしらべた結果わかったことは、“電流は一つのきまった磁気作用を現わす”ということである。ことにコイルにしておくと、それがつくる磁界は、それとほぼ同じ大きさの棒磁石とまったく同様になってしまうことである。

実験 2. コイルの中に軟鉄棒をさしこんでみる。そしてその結果 他の鉄片やコンパスの磁針に対する作用が、棒をさしこむ前とどのように違ってきたかをたしかめてみる。コイルを通る電流の強さをえたり、コイルの巻き数をえ

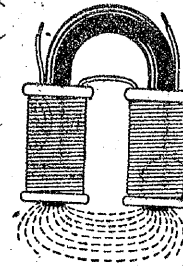
えたりして実験してみるがよい。

軟鉄の棒に針金を十分にたくさん巻きつけて、これに電流を通じると、これは



第 34 図 コイルの中に鉄棒を入れると磁界が強くなる。

強い磁石と同じものになる。このようなものを“電磁石”といっている。コイルの磁石としての作用は、電流の強さとコイルの巻き数とに比例しているが、それに軟鉄棒をさしこむと、その磁気の強さは数千倍から数万倍になる^{*}。そして、とても自然の磁石や人工の磁石では及ばないほどに強くなり、しかもその強さは電流の強さを適当に変えることによって調節できるので、ひじょうに便利である。



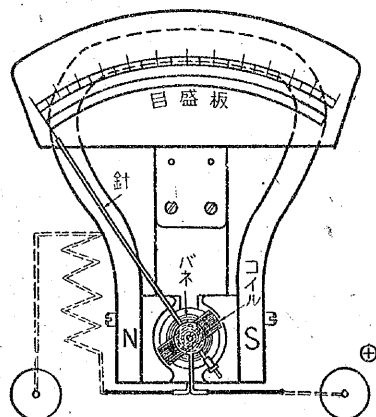
第 35 図 電磁石

研究 1. 大型の電磁石はどんなところに使われているか。電鈴・電話機・ラジオなどのどこに小型の電磁石が使われ

^{*} 何倍になるかはそのときの電流や巻き数によってできる元の磁気の強さによっても違ふ。

ているかをしらべてみよ。

§ 10. 電流や電圧をはかる器械

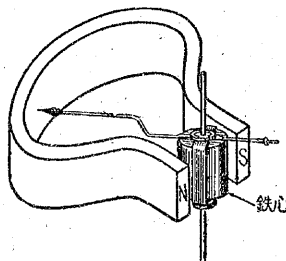


第 36 図 動コイル電流計の構造

てあって、それらがつくるせまいすきまに、四角のわく型に巻いてあるコイルが、針といっしょにまわるようになっていることがわかる。このコイルには、はかるうとする電流が流れこむようになっている。中みを見ながら電流を通してみるがよい。

いままで使っていた電流計や電圧計のふたをとって、中の構造をしらべてみよう。

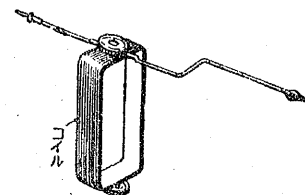
目盛を示す針が回転する中心の所は、第 37 図のような構造になっているだろう。すなわち U 字型の磁石の間に、さらに円筒型の鉄が入れ



第 37 図(a) 動コイル電流計の磁石とコイル

コイルが針といっしょにまわるのがわかる。

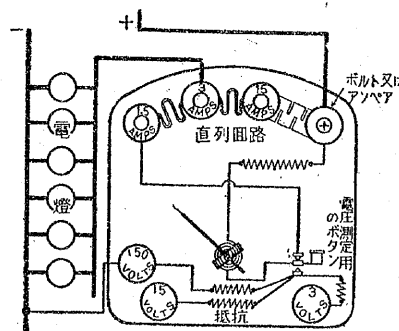
コイルに電流が通れば、コイルは平らな磁石になる。これと鉄の磁石との間に引



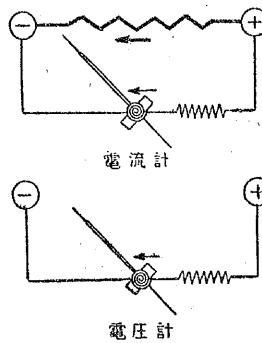
力がはたらき、コイルは回転して向きを変えようとする。ところが、針についているバネはそれに逆にはたらくので、ある角度でつりあってとなる。この回転しようとする力は、よくしらべてみると、電流に比例するので、コイルと針とがバネにさからって回転した角度は、電流の強さに比例しているわけである。それで等分に切った目盛をつけておくと、直接に電流がわかることになる。

電圧計というのもまったく同じ構造になっている。(それで

電流計と電圧計との両方に使い分けられるものもたくさんある)。ただ違うところは、つなぎ目に抵抗線が入れてあって、端のネジに針金をつないで電流を入れたら、コイルを通



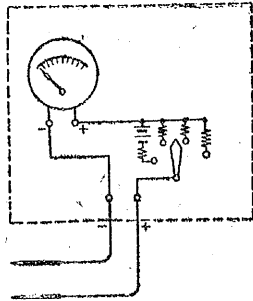
第 38 図 電圧計としての使い方



第39図 電流計と電圧計との違い

る電流は、そのごく一部分にすぎないようにしてある。電流がどんなに小さくとも、それに應じて鋭敏に動くようにさえ作ってあればよいので、(抵抗×電流＝電圧という関係からわかる通り、)針の回転は電流に比例している。また、これは上の関係から同時に電圧にも比例しているから、この電圧を目盛しておき、直接に電圧の値がわかるようにしておけばよいのである。

電流も電圧も、はからなければならない範囲はひじょうに広いから、目盛をあまり広い範囲にしておけば細かい値がわからない。それで、きまった抵抗を入れるようにして、同じ計器でもって同じ目盛を何重にも使うようにくふうしたものもある(第38図)。特に弱い電流には、ミリアンペアの単位で目盛のしてあるミリアンメーターなどを使う。ラジオやその他の電気器械をしらべるときに使うテスターというのも、この電流計と同じ構造のものたくさんある。ラジオなどの

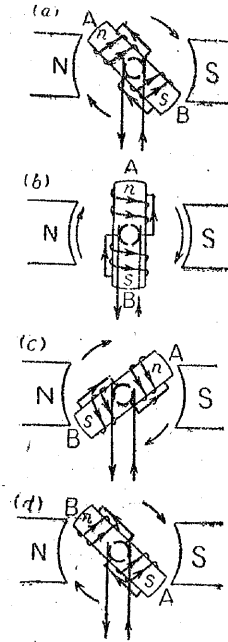


第40図 テスターの構造

器械の部分品の故障をしらべたり、抵抗をはかったり、電池の電圧をしらべたり、電流をはかったりする。(第40図はその一例である。)

§11. 電車はどうして走るか

電流計や電圧計では、電流が通るとコイルが回転しようとする。このコイルが、限りなく回転し続けられるようにくふうすることができないだろうか。たとえば、第41図のようにしたらどうであろうか。二つの磁石の間に、回転できるようにした電磁石(“電機子”という)をおくと、これは電流の向きによってNとSを交互に変えるような磁石になる。たとえば図の場合には、電流の向きによって外側の磁石(“界磁”という)の極に引っぱられ、矢の方向に回転するが、界磁のNと電機子のSとが近づくと、電流の流れ方が切り変えられて前とは逆になる。そこで再びNとN、SとSとが斥力をはたらかし、さらにもう半回転しなければ



第41図 モーターの回転するわけ。

を増していく。そして回転数がどう変わるかを見る。

2) R_1 はそのままにして、 R_2 をしだいに減らし、界磁 F の電流 A_2 を増していき、電機子の回転数がどう変わるかをしらべる。

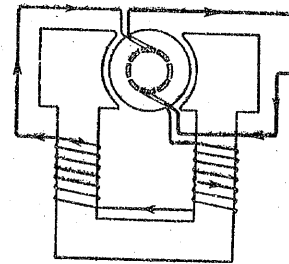
3) 界磁 F の方はそのままにして、電機子を手でまわす (はじめから電機子を回転できるようにハンドルをつけておくとよい)。そうして電流 A_1 がどう変わるかをしらべる。

この実験の結果、次のことがわかるであろう。

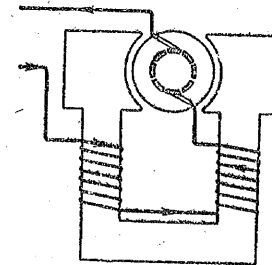
- 1) 電機子の電流を大きくすると、回転はしだいに早くなる。
- 2) 界磁の電流を増すと、反対に回転は遅くなる。
- 3) そしてさらに電機子を手で回してやると (回っている以上に手で早く回してやる)、それを流れている電流が減っていき、もっとはげしく回すと、逆の向きにさえ電流が流れはじめる。
- 4) 反対に電機子を手でおさえて回らなくすると、 A_2 の電流はひじょうに増す。

なぜ上のようなことが起るかという理由は、もう少し先へいって“逆起電力”ということを考えるようにすれば、はっきりわかるであろう。

実際のモーターの界磁はもちろん電磁石で、外から来る電流を使っているが、それには第 44 図の (a)・(b) のように直巻きのしかたと分巻きのしかたがある。分巻きの方は界磁の強さがいつでも一定しているので、(前の実験でもわかるように) 回転数はあまり変わらない。もちろんうんと大きな仕事



第 44 図(a) 分巻き型

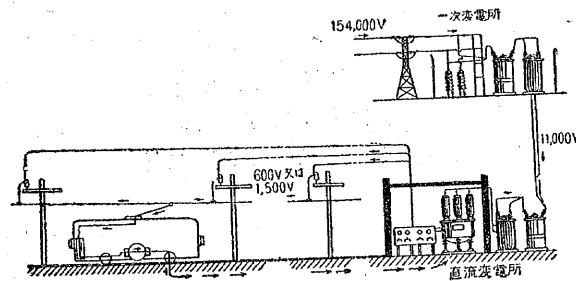


第 44 図(b) 直巻き型

をさせれば少しは遅くなる(そのときは電流が増して、回転の力が強くなる)。直巻きの方は(これも前の実験でわかるように)、電機子の回転のしかたで、それを通る電流がいろいろ変わるので、それと同時に界磁の強さも変わる。初にとまっていたとき、電流が流れはじめると、電流はひじょうに大きく、そのため界磁も電機子も両方とも磁気の力が強くなって、強い力で回転をはじめる。しかし、回りはじめるとしだいに速くなるが、それと同時に電流が減る。電流が減ると界磁が弱くなるので、回転はますます速くなる。(実験の結果とよく考え合わせてみるがよい)。

電車や電気機関車のように、とまっていて動き出そうとするときにひじょうに大きな力を必要とし、速度がいろいろに変わらなければならないような場合には、この直巻きのモーターが適している。

市街電車には大型のものは50馬力のモーターが2台、省線電車では150馬力のものが4台ある。電気機関車には300馬力ほどの大型のモーターが4台とか6台とかつけてある。そして、市街電車では600ボルト、省線電車や列車では1,200ボルトまたは1,500ボルトという電圧がかかっている。電流は架空線などからはいりこみ、レールなどを通して直流変電所へもどって行くことが多い。



第45図 電車に電流を送る設備。

電車の運轉台にある制ぎ器 というものを見ると、必ず直列とか並列とか書いてある。そして、たとえば2台のモーターを、動きはじめには直列につなぎ、速度が大きくなると

並列につなぎかえるが、そのほか抵抗も加減して電流を変えるようになっている。

研究3. なぜはじめは直列に入れ、あとで並列に入れるようにできているか。



マイケルファラデー
(Michael Faraday 1791—1867)

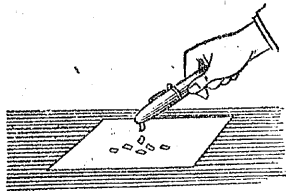
IV

- 問 1. 発電所の内部を見たことがあるか。
 2. 変電所というのとはどんなようすをしているか。
 3. 高圧線や送電線を見たことがあるか。
 4. モーターを動かしたことがあるか。

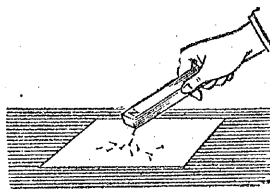
§ 12. 磁石を使って電流をつくる

電池の発明は、電氣の研究を急に進歩させ、いろいろ應用にまで導いたけれども、まだまだそれは実験室内のことで、社会の人間生活の様式を変えるというところまでは、とてもいかなかった。発電機の発明によってはじめて電氣の文明がはじまったといえる。

電氣を帯びた物体、たとえば、布でこすったエボナイトの万年筆を紙片に近づけると、それが引きよせられることや、はじめ少しも磁氣を持っていない鉄片の近くに磁石を持って



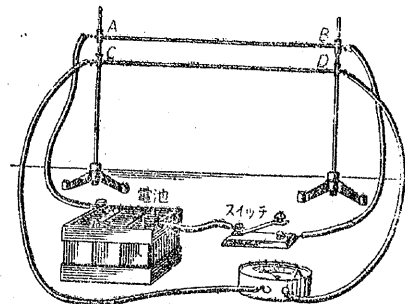
第 46 図(a)



第 46 図(b)

行くと、その鉄片が引きよせられるということはよく知られている。これは相手の物体のこちら側に反対の電氣や磁氣を生じ、向う側に同じ電氣や磁氣を生じて、そのため引きよせられるのであると説明されている。このことを“静電誘導”または“磁氣誘導”という。

いま第47図のように2本の針金 AB, CD を平行に並べて、その一方に電流を通したときに、それと並んでいるもう一方の針

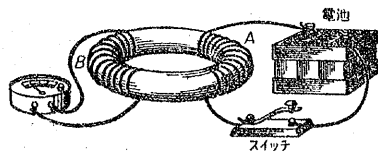


金に電流について 第 47 図 平行に並べた2本の針金の間に電流の誘導作用が起るかどうか。

起りはしないだろうか。電氣学の最大の学者といわれたマイケル・ファラデーは、このようなことを考えついたのであった。そして第47図の AB に相当するコイルをつくり、それに CD に相当するもう一つのコイルをそれに重ねて置いた。AB に電流が流れている間は、CD 回路にはなんの変化も現われるようすはなかった。しかし、AB 回路の方のスイッチを、切ったり入れたりした瞬間に、CD 回路の方の電流計の針が、かすかに動くことを見いだした。すなわち、この瞬間だけに電流

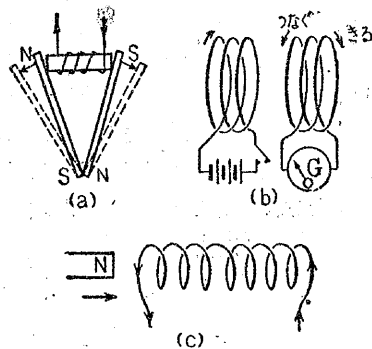
が起るらしいことがわかったのである(1831)。

ファラデーが実際に実験したのは、第48図のような装置であった。すなわち、鉄の環にA, B二つのコイルを巻き、Aの方に電池をつなぎ、Bの方に検流計G(かすかな電流にも敏感に動き、零の目盛は中央におき、針が左右に動くように



第48図 Aの回路を切ったりつないだりするたびに、B回路に電流が流れる。

電流を起すのはこの方法ばかりではない。たとえば第49図のように、回路に対して磁石や電磁石またはコイルを用いて



第49図 誘導電流の起るいろいろの場合。

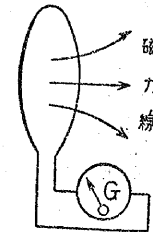
した電流計)をつないで置き、Aの方のスイッチを開閉すると、Bの方に急に電流が流れることがわかった。

いろいろなことをしてみると、それぞれの場合に電流の起ることがわかる。

これをよく考えてみると、結局、一つの回路、たとえば第50図のような輪の中を通り抜けている磁力線の数が変わるとき

に電流が起るのである。

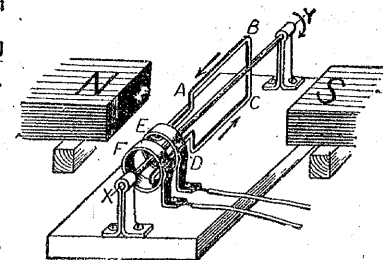
この現象を“電磁誘導”といっているが、この現象の発見によって、後には発電機というものがつくられるようになり、その結果、世の中の交通・通信・家庭生活などのあらゆる場合に、電力を利用できるようになって、今日の電気文明がきずきあげられたのである。この点からいって、ファラデーの発見は私たちの生活にとって重大な意味がある。



第50図

研究1. 電磁石・扁平コイル・検流計・電池を用意し、電磁石の間に扁平コイルをはさんで、回轉したり動かしたりして、検流計によって、電流が起るかどうかをしらべてみよ。

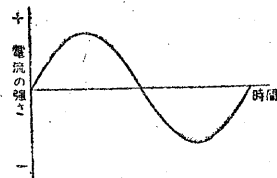
そこで、磁界の中で針金の輪を連続的に動かして、電流を引き続いて起させる方法が考えられよう。たとえば第51図のように、磁石の間に ABCD という



第51図(a) 交流発電機の原理



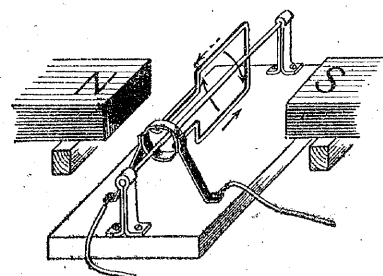
第51図(b) 針金のわくを磁界の中で回転させる。わくを入れ、E、Fという装置で電流がたえず外に流れ出るようにくふうしておいてから、XY軸のまわりにわくを回転させてみる。こうすると、この場合の磁力線は、左から右へ平行に向かっているのので、回転によってわくの中を通る磁力線の数はたえず変わる。その結果起る電流を電流計でしらべてみると、第52図のような波形のものになっている。すなわちこれは、この回路をEからFへ向かったり、FからEへ向かったりして交互に変わる電



第52図 交流の波形

流で、“交流”と呼ばれるものである。交流でない電流を得ようとするならば、電流を受けるところのE、Fを少しくふうして変えればよい。

すなわち、前のモ-

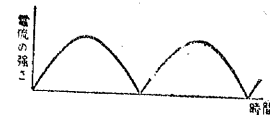


第53図 直流発電機の原理

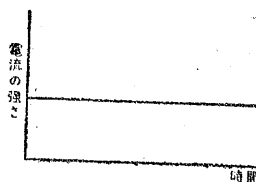
* 1秒間のこの山と谷との変化の回数をサイクルという。日本では、関東では50サイクル、関西では60サイクルを使っている。

ターの装置と同じように、円筒を二分したような形のものをつくと、出てくる電流は、第54図のような一方向きのものになる。この一方向きの電流を、交流に対して“直流”といっている。

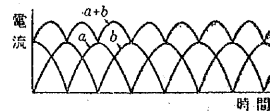
電池から得られるような電流は一定の値を持っているが(第55図)、これに対して第54図のような直流は、流れが一定でないので、いろいろな目的に不適当なこともある。このときには電機子のわく(コイル)を、一つでなく、いろいろな角度にして重ねておけばよい。そうすれば、第56図のようになって、ややなめらかな直流が得られる。実際の直流の発電機やモーターはこのようにつくられている。



第54図 第53図のような発電機から得られる直流のありさま。



第55図 電池から得られる電流。



第56図 コイルを二つ重ねて作った発電機から得られる直流のありさま。

実験1. 簡単な模型の発電機(前に製作したモーターを用いてよい)について、その電気を集める部分の装置(集電子などといっている)を変えて、交流や直流をつくり出し

てみよ。電流計をつないで回轉し、その針の動きをしらべてみよ。

前に製作したモーターに、この集電子を2種とりつけておけば、交流にも直流にも使える。そしてさらにおもしろいことは、同じものが発電機にもモーターにもなることである。考えてみれば、第41図の装置は、直流の発電機とまったく同じ構造であることがわかるであらう。

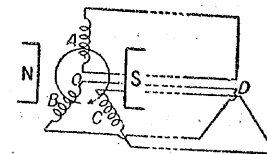
モーターが回轉している場合には、電機子が回轉していることによって、逆に発電していることにもなる。もし電機子が何か仕事をしているのでなければ、電機子はひじょうにらくにまわっているが、このときは流れこんだ電流によってモーターがまわり、このモーターが発電機のはたらきをして、元と同じような電流をそれとは反対の方向に発電し、逆の方へ電流を流している。その結果、さし引きして、使われる電流はひじょうに小さくなる。このような、モーターの発電する力を“逆起電力”といっている。逆起電力ということを考えると、はじめて§11に述べた実験の結果をはっきり説明することができる。

研究2. §11の第48図に示した実験の結果を、逆起電力によって説明してみるがよい。

三相交流

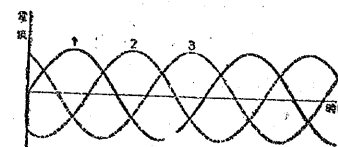
平行な磁界の中で、第57図のように互に 120° ずつの角度だけかたむいたコイルA・B・Cを回轉させたすると、A・B・Cにつながった三つの回路には、

それぞれ第58図1・2・3のような交流ができる。もしODにあたる3本の線をいっしょにして



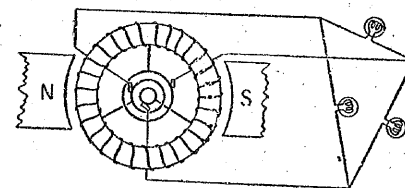
第57図 三相交流の原理

しまうと、第58図でわかるとおり、三つの交流の和はいつでも零になっているので、ODを通る電流はない。だから電線は unnecessary になってしまう。



第58図 三相交流の波形3本の針金におのの1・2・3のような交流が流れる。

それで発電機から3本だけの線が出て、それぞれに交流が流れていくことになる。このようなものを三相交流といっている。



第59図 三相交流発電機

三相交流の方が発電機のぐあいがよいので、実際にはほとんど全部が三相で発電されている。

研究3. 送電線や町の電柱を通る高压線が、何本ずつ組になっているかよくしらべてみるがよい。

問 私たちのうちへは3本きていないで、3本のうちから2本しかはいっていないのはなぜだろうか。

§13. 電流をつくる水の力、火の力

電気をつくり出すのはタダではない。マサツ電気をつくるのにも、私たちはやはり労力をはらっている。発電機を回すのも同様である。小型の発電機があったら、手で回してみたらよい。発電機を手で回して普通の電球をつけて明かるくしておこうと思ったら、おそらく満身の力をこめて汗をかい仕事をしなければ、まにあわないほどであろう。

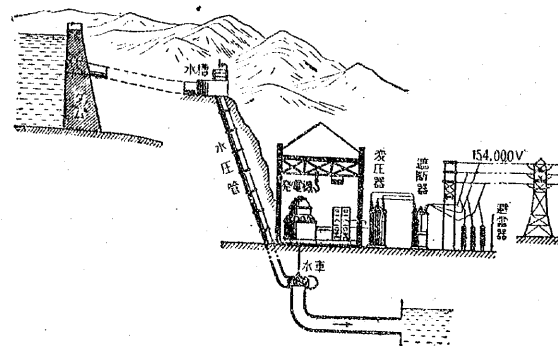
それで、発電機を回すのには、水の流れ落ちる力を利用したり(水力発電)、石炭をたいて水蒸気をつくってタービンをまわす方法(火力発電)などがある。山が多くて水量の豊富な国々では、大規模な貯水池をつくって水を落とし、水力発電を利用している。わが国も比較的に水力が豊富なので、発電にはかなり利用している。

わが國の水力発電の設備からいえば、500万キロワットほどの能力がある。ただし、冬になると水が減って、その半分しか出ない。

* 人間は、だいたい 1/10 馬力ぐらいしかない。すなわち、75ワットほどであるから、それぐらいの電燈をつけておくのが、せいぜいということになる。

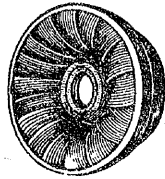
火力は、戦前は300万キロワットもあったが、戦後100万キロワットに減り、現在(昭和22年)では、石炭の不足のため、30万キロワットしか出していない。まず、水力・火力を合わせて300万~350万キロワット程度である。しかし、今後水力発電の可能な所を開発して、小規模なものでも数多くの発電所をつくっておき、さらに貯水池をおくことによって、将来、水力だけで1,000万キロワットが得られると考えられている。

問 上の値から、日本人1人あたり何ワット使えることになるか計算してみよ。

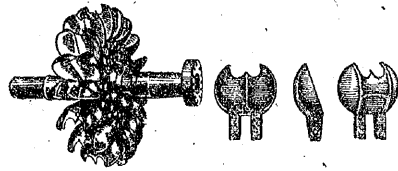


第60図 水力発電所

水力発電には、ダムでせきとめた水を適当に調節して発電所内に導き入れ、水車を回し、それによって発電機を回すのである。水車にはいろいろのものがあるが、水圧管を流れてきた水流がふき出す勢いで、羽根車のわん形の水受け



第61図 フランシス水車のように形がいろいろあるのは、水の落差のひじょうに大きい場合やそれほどでない場合、また水量の少ない場合や多い場合などに、それぞれに適するようにしたからである。



第62図 ベルトン水車

火力発電は、石炭をたいて蒸気タービンを回して発電機を回轉させるのであるが、蒸気タービンの回轉数がほぼ発電機回轉数と一致しているので、(毎分3,000~3,600回轉)、タービンと発電機とを直結して運轉できるからつごうがよい。

水力発電にはダムをつくるので、たいがい人里を離れた山中にあるけれども、火力発電所は、石炭を船で運んで来る便や、タービンを冷却させる水をたくさんに必要とすることから、町の附近の川口あたりに設けられていることが多いのである。

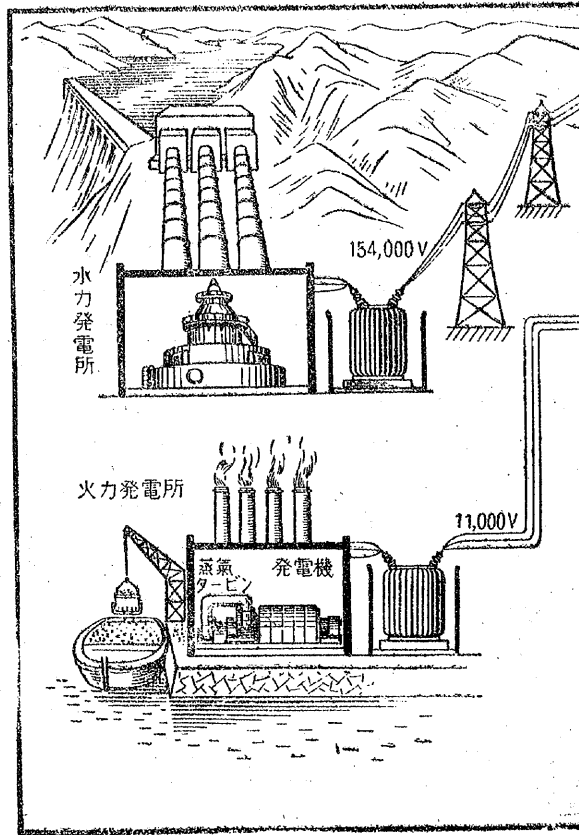
発電する割合からいうと、発電機は大型の方が得である。

そして発電機は、水力発電の方が力が強く、10万キロワットのものもできている。しかし、山や川や野をこえて遠くまで電氣を送らなければならない点や、ダムをつくるのにひじょうに多くの費用を必要とする点などが水力発電の欠点である。しかし、それでもなお水力は天然のエネルギーであって、これを利用して人間の生活の向上に用いるために、どここの國でも最大の努力をはらっている。ことにアメリカでは、ボウルダーダムや、世界最大のグラントクーリーの発電所を國家の力で建設して、電力を豊富に、しかもひじょうに安く利用できるようにしている。また、ソヴィエートのドニエプルストロイも、豊富な河水を利用して大きな発電能力を持っているので有名であるが、これももちろん國家の力で建設された。

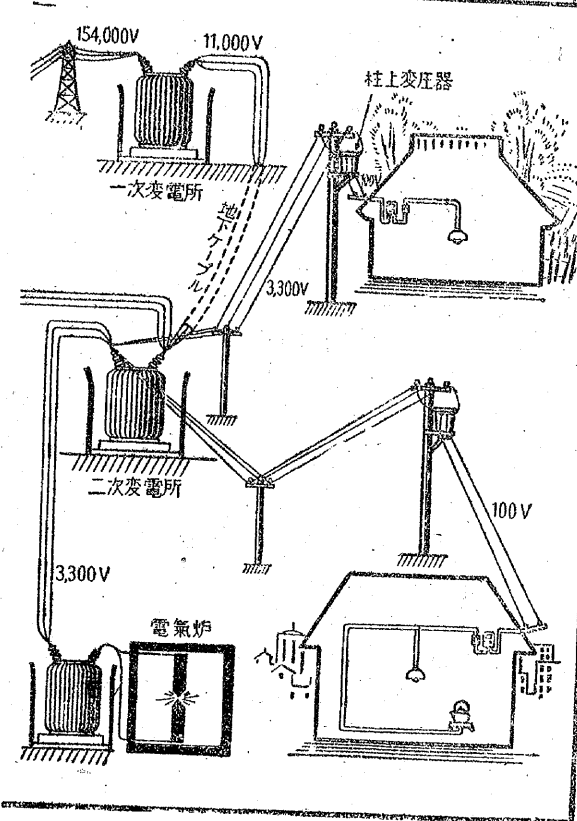
§14. 電流を山から町まで

山でつくられた電氣の力を町まで送って工場や家庭にくばる仕事は、電氣の事業の中で大きな役割をしている。山をこえ、川をこえ、野をこえて走っている送電線と、それを支えている高い鉄塔が遠くまで一列に並んでいる姿はだれでも見て知っているだろう。

電線の抵抗は長さに比例する。したがって、数百キロメートルもの距離に電流を通してやれば、おそらく途中の抵抗のために電流は熱に変わり、しだいにその電圧は下がっていき、町にたどりついたときには、(電圧が低くて)役にたたなくな



第 63 図 発電所から工場や



家庭まで電力を送る。

ってしまうかもしれない。

そこで、この途中で失われる電気のエネルギーをできるだけ少なくするには、ひじょうに高圧の電気にして送りだせばよいのである。それはなぜだろうか。

ここによく知っておかなければならないことは、送りたいものは、電流でもなく、電圧でもなく、“電力”であるということである。電力というものは、前にも述べたように、ワットやキロワットではかるもので、電圧と電流との積である。これが単位時間に仕事をこなす能力を示すものであるから、工場にしろ私たちの家にしろ、この電力をたくさんもらうことが必要なのである。

ところで、途中で失われたエネルギーは、(抵抗)×(電流)²であるから、電圧をできるだけ高く、電流を小さくしておけば、送る電流は同じにして損失は少なくてすむ。

それで発電所では、発電機から出てくる 11,000 ボルトの電流を、154,000 ボルトに上げて町まで送り、それを町の一次変電所で 11,000 ボルトに下げ、つぎに二次変電所で 3,300 ボルトに下げ、さらに電柱の上にある黒い箱(柱上変圧器)で 100 ボルトに下げて家庭に送ったり、200 ボルトにして工場へとどけたりする。

電圧は高いほど損失が少ないけれども、あまり高くすれば

* 途中で電圧が下がることを見こして、1 割だけ余計に高くしておくのが普通である。

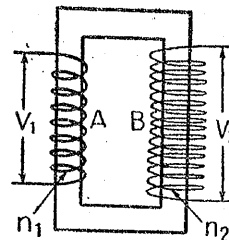
絶縁がむずかしくなり、送電塔を通して地面の中へ流れこむ電気も増してくる。ことに雨の日などは、塔のガインをこえて火花がとび、電流が流れ出す。それで、日本などのように湿気の多い所では、220,000 ボルト程度にするのが最高であるが、大陸では 400,000 ボルト以上を送電している。

さて、普通に発電所から発電している電気は交流である。交流は、いま述べたような目的で電圧を変えることが自由にできるので、直流とは比べものにならないほど便利である。

電圧を変えるのに変圧器(トランス)を使うが、これには動く部分も複雑な部分もない。ただ第 64 図 第 64 図(a) 変圧器の原理のように、鉄のしん^{*}に銅線を幾重にも巻いたものである。どうしてこんな簡単なものが電圧を変える作用をするのであろうか。

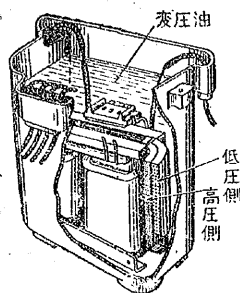
まず一次線 A の方に交流が流れるとすると、それがつくるコイルの中には、電流がたえず変化するので、それにともなって磁力線もその数や向きを変化する、この磁力線の数、コイル A の巻き数の多いものほど多い。そしてこの磁力線はほとんどそのまま鉄心の中を通過して B のコイルの中を通

* 実際にはけい素鋼というハガネの板を何枚も重ね合わせたものでつくる。



過する。するとこの磁力線の変化によって、電磁誘導が起る。Bのコイルの銅線の中には起電力を生ずるが、この起電力も、はじめの交流と同様に波形に変化するだろう。ただこの場合、起電力の強さは、コイルBの巻き数に比例している。

そこでこの結果、Aの方の交流電圧が V_1 で巻き数が n_1 のとき、巻き数 n_2 のコイルBの中には、 $V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1$ に相当する電圧ができることになる。これによって、電圧を高くすることも低くすることもできる。しかし、電圧を高くすれば電流は小さくなり、電圧を下げれば電流は大きくなる。



第64図(b) 柱上変圧器の構造

鉄のしんは、その断面積の大きいほど、その中に磁力線の数がたくさん通る。それで、大きな電力を変圧するためには、やはり大きな変圧器がいる。ラジオの中の変圧器は、手のひらでにぎれるくらいだが、電柱の上の変圧器は、人のからだくらいあるものもある。変電所に行く

と、小さい部屋くらいの大きさの変圧器もあるが、それらはこの電力の大きさによるものである。

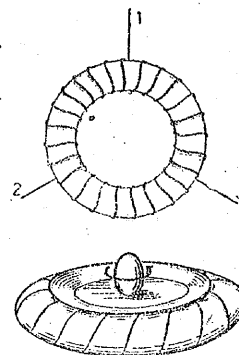
§15. 交流電気のとりあつかい

誘導電動機

家庭や工場に來ている交流の用途は、電燈や電熱器のほか

には交流モーターがある。これは前に述べた直流のモーターとは別の役目に用いられているけれども、そのうちでもひじょうに便利でいろいろな目的に用いられているものに、“誘導電動機”というものがある。普通に工場で用いているものや、井戸の水くみ、脱穀機などに使っているのは、ほとんど全部この型のものであって、故障も少なく、とりあつかいもごく簡単である。

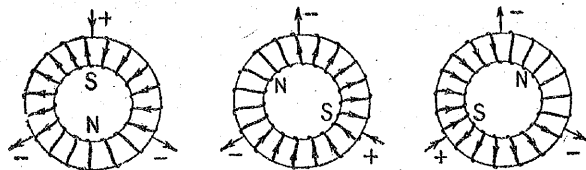
東京上野の科学博物館に行くと、サラの上に卵が一つのっていて、ボタンを押すと卵がひとりでに立ち上がり、クルクルと回転しはじめる装置がある。見ているとほんとうにふしぎに思われる。この卵を止めようと思って手でおさえても、なかなかいうことをきかない。だからこの回転の力を利用すればモーターになるはずである。どうしてこの卵が回るのである。



第65図 サラの上で卵を
回轉させる装置。

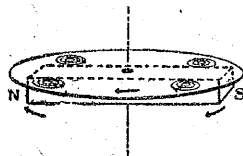
この卵は、実はただの卵ではなくて、銅の塊なのである。そしてしかも、サラの下には第65図のような鉄心を持った環状のコイルが入れてある。

このコイルには3本の線が120°ごとに出ていて、それに三相交流がつないであるが、この交流が順次に流れてくる結果、



第 66 図 三相交流によって磁界が回転するありさま。

ちょうど磁石をまわしているようになることは、第 66 図からわかるであろう。三相交流をこのように通してやることは、結局サラの下で棒磁石を回しているのとまったく同じことなのである。しかしそれだからといって、どうしてその上の銅の塊が回り出すのであろうか。

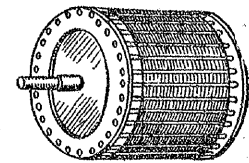


第 67 図 銅板下で磁石をまわすと、銅板がそれにつれて回転するわけ。

銅板が元の磁石の運動といっしょについて回転するような結果になる。これは実験してみるとすぐわかることである。サラの上の卵も同じわけで回転するのである。この原理を利用

いま、レコードのような銅の円板を、回転できるようにつるし、その下で磁石を回してみよう。こうすると、銅板は磁石につれて回転しはじめる。それは、発電機に電流ができるのと同じ理由によって誘導電流が起るが、この電流のためにできる磁気作用によって、

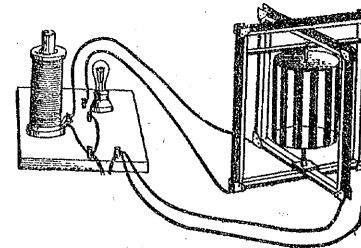
したものが誘導電動機であって、周囲の磁界に交流をつなぎ、中には銅の塊ではなく、カゴ型のものなどが用いられている（第 68 図）。



第 68 図 誘導電動機のカゴ型回転子(ローター)

研究 4. 第 69 図

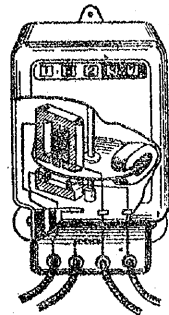
のように、直角にまじわせた二つのわく型のコイルの中に、銅の円柱を回転できるようにして入れ、家に來ている单相の



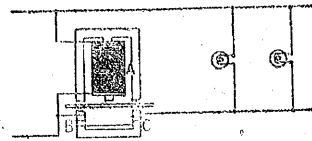
交流をつないでみよ。第 69 図 模型誘導電動機をつくる方法。二つのコイルの交流が同時に振動したのでは磁界の回転が起らないから、一方は電磁石のコイルを通過させて、振動を遅らせるのである。（コイルの銅線は 0.3 mm 線を 200 回ぐらい巻き、円柱は直径 7 cm、長さ 10 cm ぐらいが適当であらう。）

このように、誘導電動機は、回転する部分がひじょうに簡単なのでこわれる心配がなく、そのため、とりあつかいがつごうがよい。ただ電流を通し過ぎると、中のコイルをやくこ

とがある。



第70図(a) 積算電力計の構造

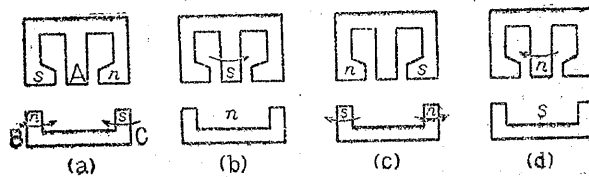


第70図(b) 積算電力計の構造

積算電力計

私たちは、1月ごとに使った電気の代金をはらうが、その使った電気、正しくいえば電力を総計したものは、電気のメーター(“積算電力計”という)に出てくる数字でわかるようになっている。

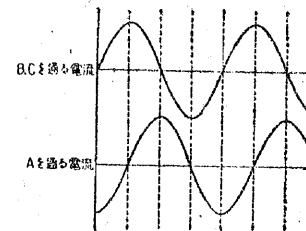
メーターを見ると、下の方にガラスがはってあって、中でアルミニウムの円板が回っているのがわかる。電気をたくさん使ったと、この円板が早く回る。このメーターの中をあけて見ると、第70図のように円板の上と下とに向かい合って、



第71図 積算電力計の磁界の移動するわけ。

三つの端を持った電磁石Aがはいてある。そしてさらに、その両側に下方から二つの電磁石の極・B・Cが向いている。Aには細い線が多く巻いてあるし、B・Cには太い線が少し巻いてある。交流が流れ出すと、まず、B・Cのコイルはちょうど反対の巻き方なので、第71図(a)のような磁極ができる。ところがAの極は巻き数がひじょうに多いので、電流が遅れて通ることになり、B・Cに電流が零になったときに、Aを通る電流は最大になる(第72図)。それで(b)のような磁極を生ずる。このようにして、

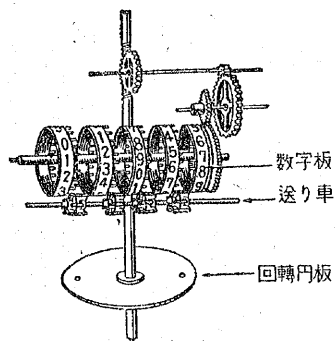
三つの極の磁気が(a)・(b)・(c)・(d)と次々に移って行くので、この結果は、アルミニウム板の下で磁石を回したと同じことになる。これによってアルミニウム板が回りだすのである。



第72図

この円板の心棒は、歯車じかけで連結され、第73図のように目盛が出ることになっている。

普通の家の積算電力計には、たいがい100ボルトで10アンペアまでしか使えないということが表に書いてあるから、それ以上の電流を流しては、メーターをこわしてしまう。そしてまた、私たちの家庭にはりめぐらしてある電線の太さや絶縁の程度からいっても、10アンペア以上の電流を通すのは危



第73図 積算電力計の目盛を示す構造。

用することは、いうまでもなく危険をとまなう。大きな電流が通ると、銅線の部分はそんなに熱を出すことはないが、接続した部分などが、ことにゆるんでいたりと抵抗が大きいのので、熱せられる。

日本の家庭用には、(200ボルトの電熱線を除いては)100ボルトが普通である。100ボルトでも、ぬれた手でふれたり、ことに、湯にはいったまま電線にふれたりしてはあぶない。からだに対して害を及ぼすのは、要するに通過する電流の強さであって、電圧そのものではない。しかし高い電圧にふれば電流も多く流れるから、からだに害があったり、死んだりするわけである。

電柱の上の方の、赤いガイシにはり渡してある線や、工場などの特殊な電源に用いている数千ボルトの電線などにふれることは、一番危険である。数万ボルトになると、かえって

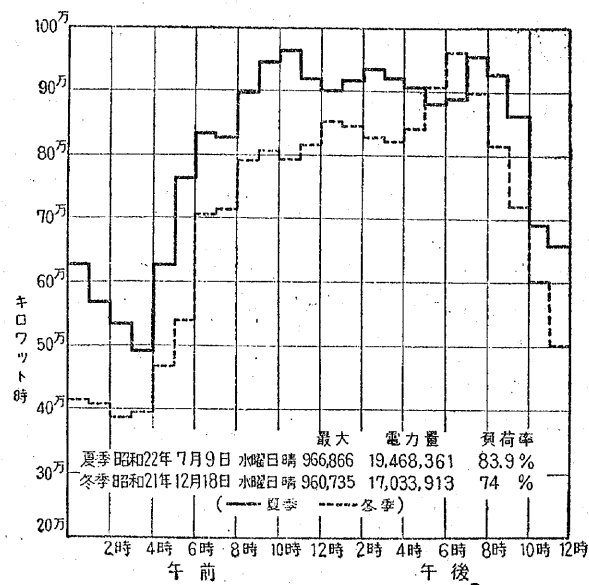
険である。

大きな電流を通すと、安全器のヒューズが切れるようにしてあることはすでに学んだし、だれでもよく知っていることである。このヒューズをかってに太くしたり、ヒューズ合金以外の針金で代

ふれた からだ がはねとばされることもあるという。

電気の使い方

工場や家庭で使う電力は、1日のうちで、時間によってひじょうに違うし、1年の季節によっても違ってくる。まず第一に、電燈は夕方からどの家庭でもつけだすが、10時ごろになれば、だんだん消す家が多くなり、12時や1時ごろになると、その使用量はずっと減ってしまう。ところで、冬は日



第74図 関東における1日の電力使用量の変化。

没が早いので、電燈も早くからつけだし、朝も日の出が遅いので、明かるくなるまでの電燈の消費も相当に大きい。ことに電熱器などは、私たちが経験してよく知っているように、冬は暖房や台所用にひじょうにたくさん必要であるが、夏はずっとその使用量は少ないはずである。第74図は、最近の東京の夏冬における電力使用量であるが、時間によってこんなに違うことがわかる。(電力使用量は制限を受けている。)

工場や電車などに用いる電力は、家庭のとはまた違っている。電車は、朝夕の混雑にひじょうに多く用いられるし、紡績工場などは、日中だけに電力が用いられる。ところが電気化学方面の工場では、1日じゅうほぼ平均して電力が使用されたりする。これらの使用量が重なり合う結果、冬の夕方が一番電力の使用が多くなる。

ところが日本では、冬には雨が少なく、雪がとけないということのために、水力発電の能力が減る。そこで、電力使用量の多い時期に、逆に水力が不足するというわけであるから、その補いとして、石炭による火力発電力を使わなければならない。

このように、電力の使用量は時刻や季節によってたえず変化するので、発電所の方ではそれに合わせて発電しなければならない。しかしどの発電会社にも、水力発電と火力発電とを適当に設備していることはないもので、昔は、夏ごろ水力がありあまっているときにも、一方の火力発電所では、石炭を

もやしていたこともあった。このような各発電会社の設備を適当に生かし、発電した電力を、互に融通しあって需要家の要求する電力を自動的にはかりながらそれを満たすようにするには、全国の発電所を結びつけた一つの組織的な運轉方法が考えられなければならない。それが現在の日本でおこなわれている方法である。

研究5. 家で電熱器などを使うと、他の電燈などが急に暗くなったりする。なぜであろうか。

研究6. 1年中を通じて、自分の附近の川の水量はどうか変化するかをしらべてみよ。

電 氣 の 歴 史

年 代	で き ご と	年 代	で き ご と
B.C. 600ごろ	タレス、コハクによるマサツ電気現象について述べた。		ケイレンすることを知った。
A.D. 1600	ギルバート、磁石やコハクその他が示す吸引作用や排斥作用の研究。	1799	ヴォルタ、ガルヴァーニの発見から進んで電池と電池を説明した。
1603	ゲールケ、硫黄を手でマサツする起電機を説明。	1807	デーヴィー、電池を使って電解分解をし、ナトリウムとカリウムとを発見した。
1733	デュフュー、電気に2種類あることを主張した。	1809	最初の電信機の考えが現れた。
1745	このころライデンビンが発明された。	1820	エルステッド、電流の磁気作用を発見した。
1762	フランクリン、たこ(風)によってカミナリが電氣であることをたしかめた。		アラゴ、電磁石をつくる。
			アンペール、電流の磁気作用についての法則を発見。
1781	ガルヴァーニ、起電機でカエルの足にケイレンが起ることを発見し、さらに2種の金属をつげると	1831	ファラデー、電磁誘導で電流がでることを発見。
		1832	最初の発電機がつくられた。

電 氣 の 歴 史 (つづき)

年 代	で き ご と	年 代	で き ご と
1833	ファラデー、電気分解についての法則を発見。 ガウスとウェーバーの電信機。 ガウス、地球の磁気について理論をたてる。	1876	炭素マイクロホンの発明。
1834	ファラデー、電流の自己誘導作用を発見。	1879	ジーンズ、電車を考案。 エジソン、炭素線白熱電燈を40時間連続して点火した。
1836	ヤコービ、電気メッキ法を発明。 ダニエル、電池を考案した。	1881	ベルリンに始めて電気鉄道、ニューヨークに大電力発電所が開業されて電燈事業が開始された。
1837	ホイートストン、最初の鉄道用指示電信機をつくった。 モールス、実用的電信機と電信符号とを考案した。	1886	電気よう接の発明。
1840	ジュール、電流の熱作用について法則を発見。水力発電機ができた。	1887	日本で最初の電燈が銀座にともされた。 ヘルツ、実験によって電磁波の存在を証明。
1847	ヘルムホルツ、エネルギー保存の法則を発表。	1889	日本で最初の電報が京都に開通した。
1848	ジーンズ、海底電線用のケーブルをつくった。	1895	レントゲン、X線を発見。
1851	ドーヴァー海峡に海底電線が敷かれた。	1896	マルコーニ、イギリスで無線電信完成。
1859	ブランテ、鉛蓄電池を発明。	1899	マルコーニ、英佛間の無線電信に成功。
1860	スワン、炭素線電球をつくった。	1902	ケネリーとヘヴィサイドとがのおの独立に電層層の存在を主張。
1861	ライス、電話機を発明。	1903	バウルゼン、無線電信機を発明。
1864	マックスウェル、光の電磁波説をだした。	1904	ウィルソン、電子の電荷の測定。
1866	ケルヴィン卿、大西洋横断海底電線をしいた。	1906	フレミング、2極真空管を発明。 写真増強器に成功。 カウフマンによる電子の質量測定。
1869	日本に始めて電信が開通した。	1907	ド・フォレ、3極真空管を発明。
1870	グラム、環状発電機を発明。始めて発電機が近代的に役にたつようになる。	1908	シンズン、カミナリに関する研究を始める。
1871	エジソンの印字電信機。	1909	ミリカン、電子の電荷の精密測定。
1872	エジソン、二重電信機を発明。	1910	クーリッジ、タンダステン電球を発明。
1876	ベル、電話機を発明。	1923	ラジオ放送、各国に始まる。
		1925	実用的なテレビジョンの発明。
		1942	電波探知機などが発明された。

V

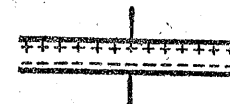
- 問 1. ラジオのバリコンというのはどんなものか。
2. イナビカリとはどんな形をしていると思うか。
3. カミナリが落ちそうときどうしたらよいか。

§ 16. ラジオがなるのはどうしてか

第3図のような起電機を使って、電気を起す実験をしてみよ。二つの極を近づけておいてハンドルを回せば、バチバチと連続的に火花がとぶのが見られる。

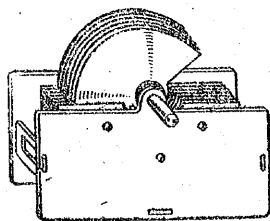
そこで、起電機の二つの極に、おののおの1箇所ずつの第5図のようなライデンビンをつないでみると、火花の出方がずっと間をおいて起るようになるが、しかし、一回ごとの火花は大きくなり、バチッという音も大きくなる。このライデンビンを起電機からはずして、外の膜Bと棒の頭Aを金属棒でつなぐとすると、やはりバチッと音がして火花が出る。このビンの中にも電気がたまっていることがわかる。

ライデンビンというのは、前に説明したようにガラスビンの中と外とに、金属のハクをはりつけたものであって、いわば1枚の大きなガラス板をはさんで金属板が2枚あるのと同じ構造である。このよ



第 75 図 蓄電器

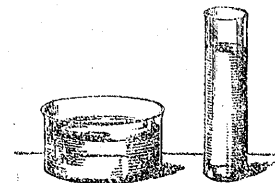
うな構造にしておくと、正と負との電気がたがいに引力を持って引き合うし、しかも内にガラスという絶縁体があるので、それが中和することはできない。そのために両方の板に、正負の電気が多くたくわえられることになる。板の距離を近づけた方が引力も大きいので、たくわえられる電気の分量も大きくなる。これが“蓄電器”である。



第76図 可変蓄電器(バリコン)

私たちは、ラジオのつまみを回して波長を合わせて開くが、実はあのつまみのうしろには蓄電器があって、それを回していることは知っているであろう。この種のもは、“バリコン”ともいわれ、第76図のような形である。多くは13枚とか17枚とかのアルミニウム板が、うすい空気の層を間において向き合わせてある。そして、それらは1枚おきにつないであるので、結局、大きな2枚の金属板を向き合わせたと同じ構造である。つまみについている方の板は、軸を中心として回轉するので、この向き合いの面積が変化し、その結果、蓄電器の電気をためる能力も変わるのである。この能力を表わすのに“容量”ということばを用いているが、たとえば、両板の電位差が1ボルトのとき、どれくらいの電気量(単位はクーロンという)をたくわえるかという分量でこの容量の程度を表わす。

蓄電器を水の容器に比べて考えれば、その2枚の板の間の電圧(電位差)は水の高さにあたり、板の面積は容器の廣さにあたる。それで、電圧1ボルトのとき1クーロン*の電気量がためられる



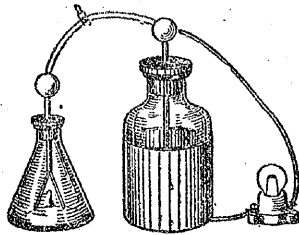
第77図

容量を1ファラッドといっている。1ボルトで Q クーロンためられれば Q ファラッドであるし、 V ボルトで Q クーロンならば、容量は Q/V ファラッドとなる。

ところが、ライデンビンのように、板の間にガラスを入れておくと、この容量が空気のときの4~10倍になる。またパラフィン紙をはさんでみると4倍くらい、うんも(雲母)だと5.6倍になる。それで、容量の大きい蓄電器としては、スズのハクの上にパラフィン紙をはさんで巻いたものなどがあるが、たとえば面積が 4m^2 で、紙の厚さが 0.02mm とすると、10マイクロファラッド($1\text{マイクロファラッド} = \frac{1}{1,000,000}\text{ファラッド}$)ばかりある。これに比べると、ラジオのつまみについているバリコンなどの容量はひじょうに小さく、その1万分の1程度の大きさしかない。

さて、ライデンビンに電気をためて、第78図のように一方に検電器をつないでいき、外と内とをつなぐ導線の内に電

* 1アンペアという電流の単位は、1秒間に1クーロンの電気が流れていることに相当する。

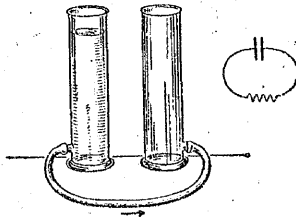


第78図 ライデンビンに電気を放電させる。

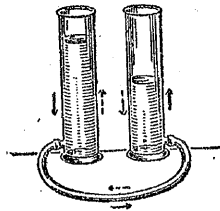
球を入れてみる。電球は一瞬ついて、消えるが、これは蓄電器が放電したのである。電球のかわりに、きりゅう酸を置いて水を電気分解させてみたり、または電流計を入れてみるがよい。(ただし回路の中に抵抗器を入れておいて十分注意しながらやる。)

このことを水になとえてみると、第79図のように、水を満たした容器とカラの容器とを並べておいて、それを水管でつないだときに水が流れていくのと似ている。このとき、正電気だけについて考えたわけで、電子についていえば、ちょうど正反対になるであろう。

ところで、この二つの容器をつなぐ管が十分に太い場合には、水は勢いよく流れていき、両方の平均の位置よりは少し



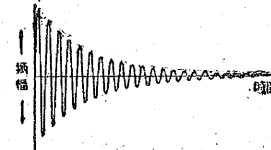
第79図 水そうの間水が流れる。



第80図 水そうの間水は往復する。

行き過ぎ、そしてまた逆もどりすることがあるだろう。そして数回振動するに違いない。もし水でなくて水銀のような重い液体であれば、その勢いが大きいから、この行き過ぎが大きくなり、水銀は行きもどりするに違いない。(しかし、しまいにはマサツのためにこの振動もあさまるであろう。) 蓄電器の中を電子は通りぬけはしないけれども、上に述べた水や水銀の場合と同じように、蓄電器の外側をつなぐ導線の中を電気が行きもどりするので、結局は、この全体の回路を交流が通っているといっても少しもさしつかえないことになる。

充電したライデンビンの外と内とを金属線でつないだときにも、このような交流が通ったわけである。火花を写真にとってしらべてみると、音はパチッと1回聞えただけであるが、電流は1秒間に数万回から数千万回というほどの恐ろしく速い振動をして、第81図のように消えていったのであることがわかる。



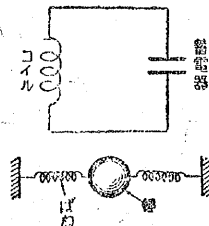
第81図 火花放電のときの電流の振動するありさま。

コイルはいままで磁石の作用をさせるために利用されてきた。しかし、このコイルに交流を通すと、その磁石の極が、たえず変化することになる。そしてこのコイルの中を通る磁力線の変化は、自分自身の中に誘導電流を起す。これは前に述べた逆起電力と似た性質のものであって、この自己誘導による起電力の方向は、いつでも外から流される電流の変化と

は反対に作用する。すなわち、いつでもジャマをするように作用する。たとえば、コイルの中の電流が増そうとすると、自己誘導の作用はこの電流の増すのを遅らせようとし、電流を減らそうとするときにも、それを妨害してなかなか減らないような起電力が起る。

それで、このコイルの作用は、交流に対してちょうど電氣に大きな慣性を與えることに相当しており、動きだすときはなかなか動きにくく、動きはじめると、こんどは止まりにくいと同じような影響を與える。

そこで、一つの回路に蓄電器とコイルとを直列に入れて蓄電器を放電させると、蓄電器の電圧は第 82 図の下のパネの



第 82 図 回路の中を電流が振動するのは、オモリがバネで振動するのと似ている。

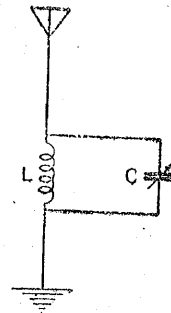
力のようにはたらいで電流をおし流すが、コイルの中の電流はこの電流の変化にそのまますぐには應じないで（ちょうど、大きなオモリに力がうんとはたらいでからやっと動き出すように）、起電力の作用に遅れて電流を流す。前に電氣振動を水の例で述べたときの水の慣性を與えるものも、このコイルの自己誘導の作用である。

バネの長さや強さ、または、オモリの大きさなどを適当に加減すると、このオモリの振動の周期を遅くも速くもすることができるように、コイルの大きさや長さや、蓄電器の容量

などを変えることによって、電氣振動の周期を好きなように変化することができる。

ラジオのつまみを回して調節するバリコンは、このような役目にあたる蓄電器であって、アンテナから入ってきた電波の振動電流を、 L というコイルと C という蓄電器で加減し、先方からきたものとちょうど同じ振動数でうまく振動するようにして、電波に乗ってきた音を聞き分けようとしているわけである。

ある放送局から出す電波の振動数（“周波数”ともいう）は一定している。これに合わせなければ、その局の放送は聞えない。ちょうど写真機でものを写すには、その距離に応じてピントを合わせなければ正確に写らないのと同じであらう。たとえば、東京の第一放送は振動数が 590 キロサイクル（1秒間に 590,000 回の振動）の電波を送ってくるので、ラジオ受信機の方の電波を受ける回路（第 83 図の LC 回路）の蓄電器を調節して、やはりその回路のきまつた振動数が 590 キロサイクルになるようにすると、はじめて放送が入ってくるというわけである。

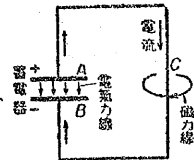


第 83 図 アンテナとアースとの間に振動回路をつくる。

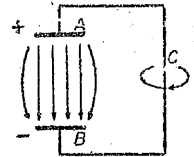
電波

ところで、振動電流だけあってもラジオが聞えるわけでは

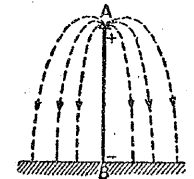
ない。もしも電波が空間を走って行かないものであれば、通信は不可能である。いま蓄電器の両板 A, B に正負の電気をためておけば、A から B の方に、電気力線が走っている。そこ



第 84 図 蓄電器を放電するときの電気力線と磁力線。



第 85 図 A, B を離れたとき。



第 86 図 A, B を蓄電器の両板としたとき、空間にできる電気力線。

* 磁力線と同じように、正の電気から負の電気の方へ、空間を走って電気力線があると考え。

で A, B を針金 C でつなぐと、ACB の方向に電流が流れると同時に A, B の電気は減るから、電気力線もどんどん減っていく。そして、今度は B に正の電気がたまるようになると、逆向きの電気力線ができていくことになる。

この電流の流れている ACB のまわりを磁石でしらべてみると、電流による磁界があることがわかる。ところが、AB のまわりをしらべてみても、やはり同じように磁界ができていることがわかる。

この関係は A, B をずっと離しても同じことであるので、結局、磁界をつくるということから逆にいえば、A, B の間にも電流があるといってもよいことになる（電子が走っているわけではないが）。A, B を第 86 図のようにして A から B の方に電気を流せば、図のように A, B のまわ

りの電気力線が変わっていくわけである。そして、これを囲んで磁力線ができていく。こ



第 87 図 電気力線と磁力線とが交互にできるありさま。

の磁力線によってさらに先の方に電気力線の輪ができる。ちょうど第 87 図のように、電気力線と磁力線のクサリのようなものが先へ先へとできていくのである。そこで、A, B の中に振動電流を起してやると、第 88 図のように、あとからあとから向きの違う電気力線が交互に生まれてくるので、それがつながり合って煙の輪のように外へひろがっていく。そして、それを取りまいて磁力線が、やはり順々に向きを変えてできる。これが“電波”なのである。



第 88 図 アンテナから放射される電気力線の波。

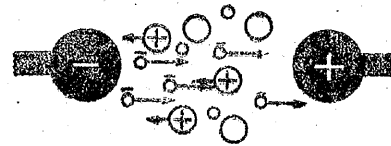
§ 17. カミナリの正体

夏になると、夕立がくるころにラジオがガリガリという雑音をたてる。そのうち、イナビカリがするのとガリガリという音をたてるのと同じであることがわかってくるが、なるほどカミナリは電気だからだと思ふ人が多いであらう。

ラジオに感ずる以上、カミナリも放送局のように電波を出したわけである。このカミナリの正体を、フランクリンがタコの実験で見つけたことは前に述べた。（しかし、このまね

をすることはひじょうに危険である。) すなわち、今ではカミナリが電氣的の現象であり、イナビカリは火花を出して放電したときの光であること、そのときの空気に傳った音が、(急に空気の一部を熱するので、空気が破裂して音をたてる) ゴロゴロと聞えてくるのだということもだいたいわかっている。しかし、なぜあのようなものすごい音や光を出す放電が起るほどに高い電圧を生ずるのか、また、夕立とどんな関係があるかということは、長い間の研究によって、やっと少しわかってきた程度である。

火花というのは、前に起電機や蓄電器でもやったものである。空気中にはいつでも、酸素や窒素のイオンや、それから離れた電子がある。それで正と負の電氣を持った極を向き合わせると、電子はすぐ正の極の方へ走り出すが、正のイオンは重いのであまり走れない。電圧が高くなると、電子はますます早く走るので、空気の分子にぶつかってはそれをこわして、その中から電子をとび出させて行き、しまいには、急に電子の数が増す。この電子の流れが大きくなったときが火花がとんだときにあたるのである。起電機の場合でも、火花がと



第 89 図 火花放電の起るわけ。

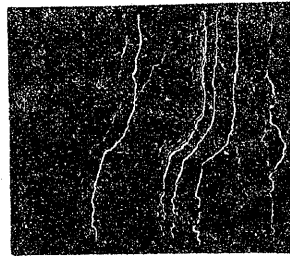
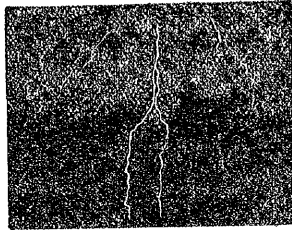
ぶときは数万ボルトあるし、カミナリのように大きな火花は、少なくとも数百万から数億ボルトまであ

ると考えられている。

さて、この高い電圧がどうしてできるかについては、主としてイギリスの学者によって、永年にわたって研究された。空気は普通の状態でも、地面から 1 m 上がるごとに 100 ボルトずつ電圧が高くなっていることが、前から測定されている。したがって、1 km の上空と地面とでは 100,000 ボルトの電圧の差があることになる。それで夕立のときに降る大きな雨粒は、誘導によって上の方の側が負に、地面の方の側が正に帯電している。ところが降ってくる途中で負のイオンにぶつかる、下の側の正電氣はその電氣を引きつけるが、正のイオンははねとばしてしまうので、結局、雨粒は負の電氣をよけいに帯びて地面に落ちてくる。そのために、雲の上下の電圧がますます大きくなり、遂に火花放電して落雷するのだという。しかし、この説も部分的には正しいかも知れないが、それに反することも発見され、また上空は氷点以下であって、雲は水滴でなく、氷か雪であると考えられるが、それが電氣を分離する理由についてはまだ説明されない。

普通の写真機をイナビカリのする方に向けて用意し、レンズをあけ、ゆるくふりまわして次のイナビカリを待つ。そしてイナビカリが瞬間的に 1 本に見えるものも、実は第 90 図のような数本の火花であることがわかるであろう。

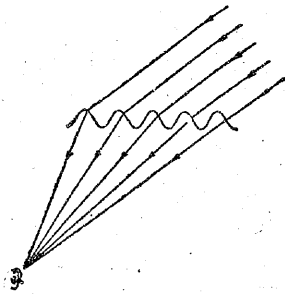
しかし、火花がこのような数本になっていることがゴロゴロといつまでもカミナリの音が聞えてくる原因ではない。火



第90図 上のようなイナビカリを写真機を動かしながら写すと下のようなになる。

カミナリの生ずるようなときには、大気は第91図のように密度や温度が波形の面をなして不連続な境をつくっていることが多いという。ここに音波がくると、屈折して人の耳に達するが、その場合に次第に違った角度で、違った距

花の方は一瞬にして終わってしまい、近くに落雷のあったときのように、ビシンという一つの音が伴うのである。大きな音がした後にもいつまでもゴロゴロという音が続くことについて、以前は山や雲に反射してくるために、遅れてくる音が次々に聞えてくるのであるといわれていた。しかし、雲はあのように音を反射しないし、海の上で聞いてもゴロゴロ聞えてくるので、上の説明は正しくないことがわかる。



第91図 雷鳴のきこえるわけ。

離を通る音が達するためであるとも説明されている。

§18. 電気の利用は今後ますます盛んにならなければならない

カミナリが鳴り、イナビカリが光ると、イネがよくみのるというようにいい伝えられている。これは火花放電によって、空気中の窒素が肥料になるからだという説もあるが、確実ではない。

しかし、農作物の収穫を多くするのに、もしカミナリが有効であれば、人工的にでもカミナリをつくり出す方法を考えたらよい。また、カミナリ作用をよく分析して、その役に立つ点を取り出して応用すべきである。

農村の電化などは、前々からいろいろ宣傳されてきているが、いまだに脱穀機や、引水・排水にモーターを使うくらい程度にとどまっている。むしろ、苗床に電熱を利用して速く発育させることをもっと実行したい。誘ガ燈や集魚燈などに特殊なランプを使って成功している例もある。さらに、温室に電熱を利用することも、今後大いにおこなわれてよいことであろう。

カミナリ作用は不明であるが、空気中のイオンが植物や動物にかなりの影響を及ぼすことはわかっている。これをさらに研究を進めて、適当にイオンをつくる機械によってなんらかの効果があらはれないだろうか。

家庭にあっても、電気はさらに多く用いられることによって、私たちの生活は今よりはるかに向上し得るであろう。電熱器により炊事やふろたきは主婦の時間を極度に節約させる。冬の暖房をすべて電気でおこなうならば、大量の木材を煙にしようという不経済をしないですむであろう。また太陽燈を使えば、日光にあたることの不十分な都会の子供たちを丈夫に育てることもできるであろう。

しかし、とにかくこれらのことは、電力が豊富にあることである。前に述べた通り、わが国には石炭も豊富であるが、まだ開発されない水力がかなり残されている。もしこれを全部開発して、ほとんどすべての動力を電力にあき変えるならば、石炭を化学工業の原料にまわすことができ、それによって豊富な薬品が生産されることになる。

一方、前に述べたように、あらゆる方面において電化の方法が研究されなければならない。恐らく今後、思わぬ方面にまで電気が用いられるようになるであろうが、それにはまず、若い世代の青少年が、自分たちの生活や社会全体の生活の不便な点や ふつごう な点をよく見きわめて、電気を使って解決することのできる問題について、たえず考えをめぐらしていることが必要である。

研究 今後どんなことに電気を使うことができるだろうか。新しい くふう を考えてみよ。

力だめし

1. 100 ボルトの電源に 200 ボルト用の電球をつけるとどんな結果になるか。
2. 200 ボルトの電源に 100 ボルト用の電熱器をつなぐとどんなことになるか。
3. 交流の通っている針金のそばへコンパスの磁針を持ってくるとどんな変化が起るか。
4. 100 ボルトの電源に豆電球を多数につけたいと思う。どうしたらよいだろうか。
5. 階段の上と下とにスイッチがあって、階段の中央についてある電燈をどちらのスイッチでもつけたり消したりできるようにしたい。どのようにしたらよいであろうか。
6. 電気についての発明や発見の中で、大きな意味のあるものを数えあげてみよ。
7. 電気の工事をするときにはどんなクツをはいたらよいか。また、どちらの手を使う方がよいか。
8. 電線をつなぐ所のネジは、よくしめつけないと故障を起しやすいのはなぜか。
9. 電柱などで電線を支えている ガイシ という白いせとものは、どんな役目をするものか。
10. 感電して倒れている人があったらどのようにして助けた

らよいか。

11. カミナリのはげしいとき、ラジオはどう しまつ したら
よいか。

12. 電鈴の構造を書いてみよ。

13. 電車などは停電するとすぐ予備の電燈がつくようになっ
ている。どういう装置にすればよいか。

〔昭和 24 年 度 発 行〕

私たちの科学 15
電気はどうして役にたつか
中学校第 3 学年用

昭和22年10月16日印 刷 同 日 翻 刻 印 刷
昭和22年10月20日発 行 同 日 翻 刻 発 行
昭和24年 4 月15日修正印刷 同 日 修 正 翻 刻 印 刷
昭和24年 4 月19日修正発行 同 日 修 正 翻 刻 発 行
〔昭和 24 年 4 月 19 日 文 部 省 検 査 済〕

定價10円40銭

著作権所有 著 作 者 文 部 省
発 行 者

東京部中央区銀座一丁目五番地
翻 刻 大日本圖書株式會社
発 行 者

APPROVED BY MINISTRY
OF EDUCATION
(DATE APR. 15, 1949)

代表者 佐久間長吉郎

東京部都営区市谷加賀町一丁目十二番地

印 刷 者 大日本印刷株式會社
代 表 者 佐久間長吉郎

東京部中央区銀座一丁目五番地

発 行 所 大 日 本 圖 書 株 式 會 社

文 部 省